



과제구분	기관고유	수행시기	전반기	
전략체계	2-2-2	기술분야 및 품목표준코드	E05	
과제번호	LP0047002022		IN0342W8	
과 제 명		수행기간	과제책임자	
산업곤충 현장 맞춤형 기술 개발		'21~'22	유용곤충연구소	정경희
1) 흰점박이꽃무지 분변토 이용 기술 개발		'21~'22	유용곤충연구소	정경희
책임용어	산업곤충, 곤충 분변토, 부산물비료, 흰점박이꽃무지분, 온실가스			

흰점박이꽃무지 분변토 이용 기술 개발

Development of *Protaetia Brevitarsis* Larvae Manure application Technology

Kyong Hee Joung¹, Byung Man Yoo¹, Jong Won Kim¹, Sung Mun Bea¹, Seul Bi Lee¹,
Da Hyun Jang¹, Young Han Lee¹, Young Ho Chang¹, Young Gwang Kim¹, and Dong Cheol Seo²

¹Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Jinju, Korea

²Division of Applied Life Science (BK21 Four) & Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to investigate the fertilizer effects and usability as an environmentally friendly resource according to the application of the *Protaetia Brevitarsis* Larvae Manure(PM). PM is 50% organic content, 1.71% total nitrogen content, and an organic matter-to-nitrogen ratio is 29. Furthermore, fertilizer is worth fertilizer because the harmful heavy metal content, such as lead, copper, arsenic, zinc, etc., is lower than the mixed compost. Lettuce was planted in silt loam soil amended with three rates of PM 0 (CF), 540 (CFP1), and 1,080 (CFP2) kg 10a⁻¹ with chemical fertilizer (20.0 kg 10a⁻¹ N, 5.9 kg 10a⁻¹ P₂O₅, and 12.8 kg 10a⁻¹ K₂O) and animal mixed compost 540 kg 10a⁻¹ with chemical fertilizer (CFC). Increasing PM rates caused a significant increase in soil organic matter content and lettuce yield compared to CF (P < 0.05). There was no fertilizer harm, such as the spots of leaves, discoloration, or root damage, according to the application of PM for five crops, such as red pepper, lettuce, spinach, radish, and sesame. These results are shown that PM can be used as a by-product fertilizer by helping crop productivity and soil improvement. In addition, *Protaetia Brevitarsis* Larvae Manure bio-char(PMB), which was manufactured by low-speed pyrolysis for 2 hours at 350 °C for anaerobic conditions using PM, reduced the emission gas of N₂O 59%, CO₂ 8%, NH₄ 84% compared to mixed compost. It was confirmed that the effect of reducing greenhouse gas emissions of PMB.

Key word : Insect manure, Lettuce, *Protaetia brevitarsis* larvae manure, Greenhouse gas

1. 연구목표

국내 곤충산업 규모는 2021년 446억원으로 2020년 414억원에 비해 7.7% 증가하였으며, 이 중 흰점박이꽃무지가 차지하는 비중은 약 37.2%로 높다. 곤충 사육 시 발생하는 곤충분(糞)은 연간 흰점박이꽃무지 1,700여톤, 장수풍뎅이 460여톤, 갈색거저리 130톤으로 추정되며, 곤충산업의 확대에 의해 더욱 증가할 것으로 보인다. 곤충 사육 시 발생하는 부산물인 곤충분은 유기물과 질소 함량이 높아 농가소득 창출을 위하여 비료로써의 활용 가능성을 알아보고자 하였다. 또한 흰점박이꽃무지분을 활용하여 화학비료 및 가축분퇴비의 사용에 의해 발생하는 CO₂, CH₄, N₂O 등 온난화의 원인으로 알려진 온실가스의 발생을 줄여 미래 친화적 자원으로 활용성을 검토해보고자 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 곤충 부산물을 이용한 부가가치 향상을 통한 농가소득증대 및 탄소중립 가능성 탐색을 통한 미래 자원으로의 활용성을 검토하기 위하여 수행하였다. 흰점박이꽃무지 부산물인 분변토의 비효 및 비해를 검증하여 비료로써의 가능성과 흰점박이꽃무지분을 이용한 바이오차의 온실가스 배출 저감 효과를 검토하기 위하여 기술원에서 2021년부터 2022년까지 2년간 수행하였다.

<시험 1> 흰점박이꽃무지분의 비료 효과 및 비해 검증

흰점박이꽃무지분의 비료효과를 검증하기 위하여 진주 유용곤충연구소와 창녕 양과연구소의 노지 시험포장에서 수행하였다. 시험구는 노지 상추 표준시비량으로 10a 면적에 질소 20.0kg, 인산 5.9kg, 칼리 12.8kg과 석회고토 170kg을 모든 처리구에 사용하였다. 비료 효과를 검토하기 위해 무처리(CF), 혼합가축분퇴비 540kg/10a(CFC), 흰점박이꽃무지분 540kg/10a(기준량, CFP1)과 1,080kg/10a(배량, CFP2) 등 4수준을 난괴법 3반복으로 시험구당 면적(21.6m²)에 해당되는 양을 진주와 창녕 시험지에 각각 상추 정식전인 4월 18일과 22일에 사용하였으며 비닐피복 하였다. 상추 재식거리는 20 × 20 cm로 하여 두 곳 모두 2021년 4월 30일에 정식하고, 2021년 6월 8일과 9일에 수확하였다.

흰점박이꽃무지분의 사용에 따른 비료의 피해 평가를 위하여, 이식작물 2종, 과종작물 3종에 대하여 수행하였다. 작물은 이식작물인 상추(오향적치마) 및 고추(PR강력한), 과종작물인 무(탑그린봄무), 시금치(사계절) 및 참깨(밀성)를 선정하였다. 시험장소는 비효시험과 마찬가지로 진주, 창녕 2곳에서 노지 시험 포장의 토양을 이용하여 pot 재배방식으로 수행하였다. 준비된 토양에 석회고토를 170kg/10a 처리한 후, 표준시비량으로 N-P-K 비료를 상추, 고추, 무, 시금치, 참깨에 각각 10.0-5.9-6.4kg/10a, 10.3-11.2-9.1kg/10a, 8.4-5.1-4.1kg/10a, 10.0-5.9-7.9kg/10a, 2.9-3.1-3.2kg/10a를 밀거름으로 처리하였다. 흰점박이꽃무지분은 Wagner pot (1/5000a size)에 무처리(CF), 흰점박이꽃무지분 540 kg/10a(CFP1)과 1,080kg/10a(CFP2) 등 3수준으로 사용하고 처리구마다 5 pot를 만들어 완전임의배치 3반복으로 수행하였다(Chun et al., 2020). 상추는 2021년 4월 14일, 고추는 2021년 4월 1일에 파종하였으며, 본엽이 2~3매인 2021년 4월 30일에 pot에 이식하여 진주포장은 2021년 5월 21일, 창녕 포장은 22일에 수확하였다. 과종작물인 무, 시금치, 참깨는 pot당 20립을 4월 30일에 파종하여, 무는 6월 15일과 18일, 시금치는 5월 28일, 참깨는 5월 31일과 6월 1일에 수확하였다. 과종작물은 파종 후 새싹이 출현하는 개수로 출아율을



조사하였으며, 흰점박이꽃무지분의 처리에 따른 엽의 반점, 엽의 변색, 생장지연 등의 육안 조사는 이식작물은 pot 이식 후, 과종작물은 출아 후 7일부터 1주일 간격으로 3회에 걸쳐 하였다.

<시험2> 흰점박이꽃무지분 바이오차를 이용한 온실가스저감 효과 구명

흰점박이꽃무지분의 재활용율을 높이면서 미래 친환경적인 자원으로 활용하기 위하여 온실가스 저감효과를 검토하고자 배추(해맞이)를 대상으로 수행하였다. 토양에 노지 배추의 표준시비량 N-P-K비료 11.0-7.8-11.0kg/10a를 검정시비하였다. 유용곤충연구소의 노지 포장에서 화학비료 NPK만 처리한 무처리(CF), 혼합가축분퇴비 540kg/10a(CFC), 흰점박이꽃무지분 540kg/10a(CFP), 흰점박이꽃무지분바이오차 540kg/10a(CFB), 흰점박이꽃무지분 540kg/10a + 흰점박이꽃무지분바이오차 540 kg/10a(CFPB), 혼합가축분퇴비 540kg/10a+흰점박이꽃무지분바이오차 540kg/10a(CFCB) 등 6수준을 난괴법 3반복으로 하였다. 배추의 재식거리는 30 × 30 cm로 하여 2022년 3월 21일 파종하여, 4월 11일 정식하였으며 5월 17일에 수확하였다. 바이오차는 인근 농가에서 제공 받은 흰점박이꽃무지분을 무산소인 혐기성 조건하에서 350℃로 2시간 동안 저속 열분해하여 이용하였다. 배추 재배 과정에서 발생하는 온실가스의 분석을 위하여 매일 아침 9시에 가스 채집기를 토양에 덮어두고 다음 날 아침 9시까지 포집한 다음, 주사기를 이용하여 가스를 채집하였다. 가스 채집은 배추 정식 다음 날부터 시작하여 배추 수확 전날까지 수행하였다.

시험 1과 시험 2에서 작물의 생육과 수량은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2012)에 따라 조사하였으며, 토양 양분 함량은 국립농업과학원 토양화학분석법(NIAS, 2010), 작물의 무기성분 함량은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법으로 분석하였다(NIAST, 2000). 그리고 SAS 프로그램 9.4 버전(SAS, 2021)을 사용하여 Duncan's multiple range test로 통계처리 하였다.

3. 결과 및 고찰

<시험 1> 흰점박이꽃무지분의 비료 효과 및 비해 검증

시험지역의 토양 이화학적 특성은 표 1과 같다. 두 지역 모두 미사질양토로, 진주 시험지는 유기물 함량이 11g/kg으로 양분이 부족한 밭토양이었다.

표 1. 시험지역 토양 이화학적 특성

지역	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.-cation(cmol _c /kg)				Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
						K	Ca	Mg	Na			
진주	5.7	0.28	11	0.07	591	0.49	3.73	0.65	0.05	5.5	74.9	19.6
창녕	7.1	1.03	40	0.32	719	1.50	12.12	3.50	0.21	16.9	75.7	7.4

시험에 사용된 유기물 재료는 표 2와 같이 흰점박이꽃무지분은 혼합가축분퇴비에 비해 질소 함량이 높고, 유해 중금속인 납, 구리, 비소, 크롬, 아연, 니켈 함량이 낮았다.

표 2. 흰점박이꽃무지분(PM)과 혼합가축분퇴비(MC) 성분

시료	OM (%)	T-N (%)	NaCl (%)	water (%)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	As (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
PM	50	1.71	0.09	45.2	0.10	13.2	0.39	0.01	1.93	0.14	16.9	1.48
MC	34	1.18	0.12	42.8	0.85	56.6	1.38	0.01	5.49	0.15	210.0	3.10

흰점박이꽃무지분 처리에 따른 수확기 토양 화학성은 표 3과 같다. 처리 전 유기물 함량이 적었던 진주지역의 토양 유기물 함량은 흰점박이꽃무지분을 배양으로 시용한 CFP2 처리구가 CFP1 및 화학비료를 시용한 CF 처리구에 비해 유의적으로 많았다($P < 0.005$). 이러한 결과는 Kim et al. (2019)이 보고한 바와 같이 흰점박이꽃무지분의 유기물 함량이 높기 때문인 것으로 판단된다. 토양 T-N 함량도 CFP2 처리구가 CF 처리구 보다 유의적으로 많았으나($P < 0.005$), CFC와 CFP1 처리구와는 차이가 없었다. 그러나 토양 치환성 Na 함량은 혼합가축분퇴비 처리구에서 0.07cmol_c/kg으로 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았다($P < 0.005$). 이러한 결과는 가축분퇴비를 시용할 경우 토양의 Na 함량이 높아진다는 연구결과와 일치하였다(Choi et al., 2010; Kang et al., 2011). 토양 pH, 염류농도, 유효인산, 치환성 K, Ca, Mg 함량은 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었다.

진주지역에 비해 상대적으로 유기물 함량이 많았던 창녕지역에서는 흰점박이꽃무지분 시용 시 유기물함량이 증가하였으나, 유의적인 차가 없었다. 이는 흰점박이꽃무지분의 시용이 토양의 유기물 함량을 높이지만, 유기물 함량이 높은 지역에서는 그 영향이 적은 것으로 판단된다. 토양의 pH, 염류농도, T-N 함량, 유효인산, 치환성 K, Ca, Mg, Na 함량은 모든 처리구에서 유의적인 차이를 보이지 않아, 토양의 척박 정도에 따라 차이를 나타내었다. 토양 상태에 따른 시용에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

표 3. 시험 처리 후 지역별 토양 화학적 특성변화

지역	처리 내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M (g/kg)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.-cation (cmol _c /kg)			
							K	Ca	Mg	Na
진주	CF ¹⁾	5.5a ²⁾	0.36a	7c	0.05b	655a	0.46a	3.91a	0.67a	0.05b
	CFC	5.5a	0.70a	19ab	0.08ab	685a	0.52a	4.33a	0.79a	0.07a
	CFP1	5.5a	0.63a	15b	0.07ab	695a	0.51a	4.13a	0.75a	0.05b
	CFP2	5.5a	0.61a	20a	0.09a	678a	0.46a	4.26a	0.76a	0.05b
창녕	CF	7.3a	0.63a	45a	0.32a	665a	1.51a	11.63a	3.34a	0.21a
	CFC	7.3a	0.59a	44a	0.31a	658a	1.46a	11.57a	3.26a	0.22a
	CFP1	7.3a	0.57a	46a	0.32a	690a	1.44a	11.76a	3.40a	0.22a
	CFP2	7.3a	0.61a	46a	0.30a	690a	1.47a	11.81a	3.40a	0.23a

¹⁾CF, NPK; CFC, NPK+가축분퇴비 540; CFP1, NPK+흰점박이꽃무지분 540; CFP2, NPK+흰점박이꽃무지분 1,080 kg/10a

²⁾DMRT 5%

수확기 상추 양분 함량은 표 4와 같다. 시험 후 상추의 양분은 지역에 따라 차이를 보였는데, 진주에서는 K₂O, CaO 함량이, 창녕 지역에서는 미량성분인 Fe, Mn, Zn 함량이 CFP2 처리구에서 다른 처리구에 비해 유의적으로 많았다. Na₂O 함량은 진주지역에서는 0.13%, 창녕에서는 0.23%로 CFC 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 많았다($P < 0.005$). 이러한 결과는 Kang et al. (2011)이 혼합가축분퇴비 시용 시 상추의 Na₂O 함량이 높아진다고 보고한 결과와 일치하였다. 두지역 모두 T-N, P₂O₅ 함량은 유의적인 차이가 없었다.



표 4. 흰점박이꽃무지분 시용에 따른 상추 무기성분

지역	처리 내용	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
진주	CF ¹⁾	3.69a ²⁾	0.87a	2.27ab	1.12ab	0.57a	0.08b	455a	123a	81a
	CFC	4.14a	1.07a	2.19b	1.09ab	0.55a	0.13a	523a	115a	78a
	CFP1	3.78a	1.08a	2.59ab	0.94b	0.53a	0.08b	476a	102a	70a
	CFP2	3.84a	0.98a	2.86a	1.21a	0.54a	0.09ab	582a	95a	70a
창녕	CF	3.79a	1.48a	2.69a	1.04a	0.51ab	0.17b	440b	42ab	48ab
	CFC	4.01a	1.51a	2.88a	1.31a	0.56a	0.23a	440b	37ab	53ab
	CFP1	3.89a	1.53a	2.23a	1.24a	0.44b	0.16b	340b	36ab	42b
	CFP2	3.66a	1.49a	2.55a	1.37a	0.61a	0.21ab	588a	53a	56a

¹⁾CF, NPK; CFC, NPK+가축분퇴비 540; CFP1, NPK+흰점박이꽃무지분 540; CFP2, NPK+흰점박이꽃무지분 1,080 kg/10a

²⁾DMRT 5%

흰점박이꽃무지분 시용에 따른 상추의 수량 및 생육특성은 표 5와 같다. 엽장은 진주지역은 CFP1 처리구 24.7cm, 창녕지역은 CFP2 처리구 24.6cm로 가장 길었으며, 엽수는 두 지역 모두 유기물을 공급한 CFC, CFP1, CFP2 처리구가 무처리인 CF보다 많았다 ($P < 0.005$). 상추 수량은 CFP1 처리구는 혼합가축분퇴비와 유사한 시용효과를 보였으며, 배양을 시용한 CFP2 처리구가 진주지역 4,676kg/10a, 창녕지역 4,750kg/10a로 혼합가축분퇴비 처리구보다 4~10% 증수되었다. 이와 같은 연구결과로 흰점박이꽃무지분은 유기물을 분해한 부산물이기 때문에 토양 비옥도를 개선하고 작물 생산성을 높일 수 있을 것으로 판단된다 (Ahrens et al., 2014; Wang et al., 2019)

표 5. 흰점박이꽃무지분 시용에 따른 상추 생육

지역	처리내용	엽장 (cm)	엽수 (개/주)	엽중 (g/주)	수량 (kg/10a)	수량지수
진주	CF ¹⁾	24.1b	23.0b ²⁾	239c	3,898c	100
	CFC	24.3ab	23.6a	261b	4,250b	109
	CFP1	24.7a	23.6a	262b	4,255b	109
	CFP2	24.3ab	23.5a	287a	4,676a	120
창녕	CF	23.3c	23.3b	265b	4,324b	100
	CFC	24.0b	23.4b	282a	4,597a	106
	CFP1	24.0b	23.9a	286a	4,648a	107
	CFP2	24.6a	24.2a	292a	4,750a	110

¹⁾CF, NPK; CFC, NPK+가축분퇴비 540; CFP1, NPK+흰점박이꽃무지분 540; CFP2, NPK+흰점박이꽃무지분 1,080 kg/10a

²⁾DMRT 5%

과종작물인 무, 시금치, 참깨의 발아율은 표 6과 같다. 무, 시금치, 참깨의 발아율은 진주지역은 CFP2 처리구 77.7%, CFP1 처리구 85.0%, CFP1 처리구 737.7%, 창녕지역은 CFP1 처리구 78.7%, CFP2 처리구 82.7%, CFP1 처리구 76.7%로 가장 높았으나 두 지역 모두 처리에 따른 유의적인 차이는 없었다 ($P < 0.005$).

표 6. 파종작물 발아율

지역	시험작물	발아율(%)		
		CF ¹⁾	CFP1	CFP2
진주	무	72.3a ²⁾	73.0a	77.7a
	시금치	83.7a	85.0a	83.3a
	참깨	72.7a	73.7a	72.3a
창녕	무	75.7a	78.7a	77.0a
	시금치	81.7a	82.3a	82.7a
	참깨	74.7a	76.7a	75.3a

¹⁾CF, NPK; CFC, CFP1, NPK+흰점박이꽃무지분 540;CFP2, NPK+흰점박이꽃무지분 1,080 kg/10a

²⁾DMRT 5%

흰점박이꽃무지분은 펠렛 형태로 되어 있어 일반 퇴비와 달리 손으로 만져도 묻어나는 것이 적으며, 냄새가 나지 않는다는 장점이 있다. 농촌진흥청 비료의 품질검사방법 및 시료 채취 기준에서 비료의 장해 판단은 육안관찰로 결정한다(RDA, 2021). 본 연구에서 고추, 상추, 무, 시금치, 참깨에 흰점박이꽃무지분을 사용한 결과, 그림 1과 같이 모든 처리구에서 엽의 반점, 엽의 변색 및 뿌리의 장해 등 생육에 영향이 없고, 피해가 보이지 않았다

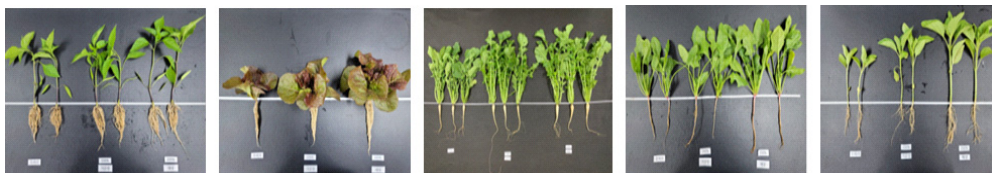


그림 1. 흰점박이꽃무지 시용에 따른 작물의 생육 및 비혜 유무

흰점박이꽃무지분은 유기물 함량 50%, 총질소 함량 1.71%, 유기물대질소비 29 정도이며, 구리, 비소, 아연 등의 유해중금속 함량이 혼합가축분퇴비에 비해 낮아 비료로써 가치가 있다. 본 연구에서는 노지 상추를 대상으로 유기물 공급과 수량에 미치는 흰점박이꽃무지분의 시용효과와 고추, 상추 등 이식작물 2종, 무, 시금치, 참깨 등 파종작물 3종을 대상으로 비해를 검토하였다. 흰점박이꽃무지분의 시용은 토양의 상태에 따라 다소 차이는 있었지만, 유기물의 함량이 증가하는 경향을 보였다. 상추의 지상부 생육 및 수량은 두 지역 모두 흰점박이꽃무지분 배량 처리구인 CFP2 처리구에서 양호하였다. CFP1 처리구를 혼합가축분퇴비를 사용한 CFC 처리구와 비교했을 때 상추의 엽수, 엽장, 지상부 생체중 등이 비슷하거나 높은 경향을 보였으며, NPK만 시비한 CF 처리구 대비 진주, 창녕 지역에서 수량이 각각 9.2%, 7.5% 증수됨을 보였다. 시용에 따른 엽의 반점, 엽의 변색 및 뿌리 등의 비료장해는 발생하지 않았다. 이러한 결과로 흰점박이꽃무지분이 작물생산성과 토양 개량에 도움을 주면서, 비료로 사용함에 있어 장해를 초래하지 않아 부산물비료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

<시험2> 흰점박이꽃무지분 바이오차를 이용한 온실가스저감 효과

시험지역의 토양 이화학적은 표 7과 같이 미사가 74.9%, 모래가 19.6%인 미사질양토이며 pH는 5.6, EC는 0.27dS/m, 유기물 함량은 16g/kg의 밭토양이었다.

표 7. 시험지역 토양 이화학적 특성

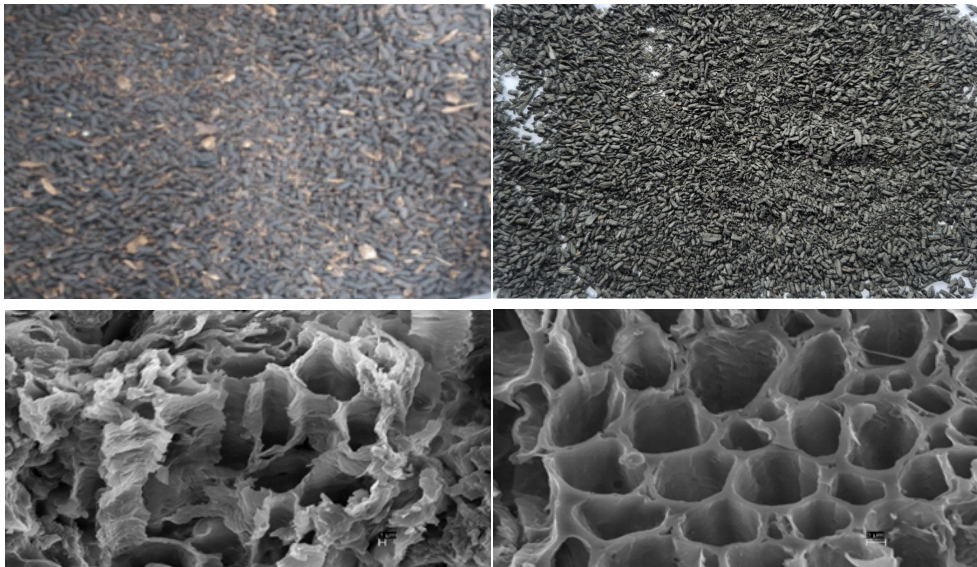
지역	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.-cation(cmolc /kg)				Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
						K	Ca	Mg	Na			
진주	5.6	0.27	16	0.08	665	0.48	3.57	0.65	0.06	5.5	74.9	19.6

혼합가축분퇴비(MC), 흰점박이꽃무지분(PM)과 이를 활용하여 제조한 흰점박이꽃무지분 바이오차(PMB)의 특성은 표 8과 같다. 흰점박이꽃무지분바이오차(PMB)는 350°C에서 열분해됨에 따라, 흰점박이꽃무지분(PM)에 비해 pH와 탄소함량 등이 증가하였다.

표 8. 혼합가축분퇴비(MC), 흰점박이꽃무지분(PM), 흰점박이꽃무지분바이오차(PMB) 특성

시료	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (%)	수분 (%)	T-N (%)	T-C (%)
MC	9.1	3.1	37	37.6	1.4	17.6
PM	6.6	1.4	90	5.5	1.6	46.0
PMB	8.3	1.3	85	2.3	1.8	57.9

바이오차는 바이오매스(Biomass)와 숯(Charcoal)의 합성어로 바이오매스를 산소가 없거나 매우 적은 환경에서 열분해하여 생성되는 고형물이다. 바이오차의 원료가 되는 바이오매스는 넓은 의미에서 축분과 슬러지를 포함하는 모든 유기물이 가능하며 원료의 종류에 따라 특성이 달라진다. 그림 2는 흰점박이꽃무지분과 이를 이용해 제조한 바이오차의 외관과 이를 5,000배 확대한 것으로 흰점박이꽃무지분바이오차는 육각 벌집 모양한 미세한 다공성 공극구조가 잘 발달되어 있는 것이 관찰되었다.



<흰점박이꽃무지분, 5,000배 확대>

<흰점박이꽃무지분바이오차, 5,000배 확대>

그림 2. 흰점박이꽃무지분과 흰점박이꽃무지분바이오차

시험 처리에 따른 수확기 토양 화학성은 표 9와 같다. 토양 유기물 함량은 유기물이 사용된 처리구가 화학비료만 사용한 CF 처리구에 비해 유의적으로 많았다($P < 0.005$). 토양 치환성 Na 함량은 혼합가축분퇴비 처리구인 CFC와 CFC에 바이오차가 처리된 CFCB 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았는데, 이는 시험 1의 연구결과와 일치하였다($P < 0.005$). 토양 pH, T-N, T-C, 유효인산, 치환성 K, Ca, Mg 함량은 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었다.

표 9. 시험 처리 후 토양 이화학적 특성

처리 내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	T-N (%)	T-C (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol _c /kg)			
							K	Ca	Mg	Na
CF ¹⁾	5.8a ²⁾	0.13ab	13c	0.08a	0.86a	693a	0.35a	4.3a	0.95a	0.07bc
CFC	5.9a	0.10b	17a	0.08a	0.86a	650a	0.37a	3.7a	0.88a	0.09ab
CFP	5.8a	0.14a	17a	0.07a	0.91a	686a	0.30a	3.7a	0.85a	0.07c
CFB	5.8a	0.12ab	15b	0.07a	0.91a	677a	0.29a	3.7a	0.85a	0.07c
CFPB	5.9a	0.12ab	17a	0.08a	0.89a	666a	0.35a	3.9a	0.98a	0.08abc
CFCB	5.8a	0.14a	14bc	0.08a	0.89a	664a	0.33a	3.5a	0.81a	0.10a

¹⁾CF, NPK; CFC, NPK+퇴비 540kg; CFP, NPK+흰점박이꽃무지분 540kg; CFB, NPK+흰점박이꽃무지분+바이오차 540kg; CFPB, NPK+CFP 540kg+CFB 540kg; CFCB, NPK+CFC 540kg+CFB 540kg/10a

²⁾DMRT 5%

처리에 따른 배추 생육 특성과 수량 특성은 표 10과 같다. CFPB 처리구에서 배추의 초장과 구고가 각각 37.6cm, 27.4cm로 가장 길었으며, 내엽수 및 엽수 또한 38.5개, 51.2개로 가장 많았다. 엽폭은 처리에 따른 유의적인 차이가 없었다.

표 10. 처리구별 배추 생육 특성

처리	초장 (cm)	엽폭 (cm)	구고 (cm)	내엽수 (개/주)	엽수 (개/주)
CF ¹⁾	35.5c ²⁾	31.1a	24.9b	36.0b	49.9ab
CFC	36.9ab	30.7a	26.9a	37.5b	50.8ab
CFP	36.0bc	31.2a	26.2ab	38.5a	51.5a
CFB	36.3bc	30.4a	26.5a	35.6b	49.0b
CFPB	37.6a	31.1a	27.4a	38.5a	51.2a
CFCB	36.1bc	30.2a	25.8ab	37.6ab	50.9ab

¹⁾CF, NPK; CFC, NPK+퇴비 540kg; CFP, NPK+흰점박이꽃무지분 540kg; CFB, NPK+흰점박이꽃무지분+바이오차 540kg; CFPB, NPK+CFP 540kg+CFB 540kg; CFCB, NPK+CFC 540kg+CFB 540kg/10a

²⁾DMRT 5%

배추의 수량 특성은 표 11과 같다. 총 수량은 CFCB>CFPB>CFC>CFP>CFB>CF 순으로, 유기물 처리구에서 화학비료만 투입한 CF처리구에 비해 유의적으로 수량이 증가하였다.



표 11. 처리구별 배추 수량 특성

처리	주중 (g/주)	수량 (kg/10a)	수량 지수
CF ¹⁾	1,200b ²⁾	8,750b	100
CFC	1,276a	9,304a	106
CFP	1,271a	9,260a	106
CFB	1,259ab	9,180ab	105
CFPB	1,260a	9,311a	106
CFCB	1,301a	9,486a	108

¹⁾CF, NPK; CFC, NPK+퇴비 540kg; CFP, NPK+흰점박이꽃무지분 540kg; CFB, NPK+흰점박이꽃무지분바이오차 540kg; CFPB, NPK+CFP 540kg+CFB 540kg; CFCB, NPK+CFC 540kg+CFB 540kg/10a

²⁾DMRT 5%

배추 재배과정에서 발생한 메탄 가스 배출량은 그림 3과 같다. 혼합가축분퇴비 처리구인 CFC의 가스 발생량을 100으로 하였을 때, 메탄 가스 발생량은 CFP 처리구 62, CFB 처리구는 16으로 혼합가축분퇴비 처리구에 비해 각각 38%, 84%의 감축효과가 있었다. 또한 CFC와 CFP 처리구에 흰점박이꽃무지분바이오차를 사용한 CFCB와 CFPB처리구에서는 사용하지 않은 처리구에 비해 각각 27%, 67% 가스 배출량이 줄어든 것을 확인하였다.

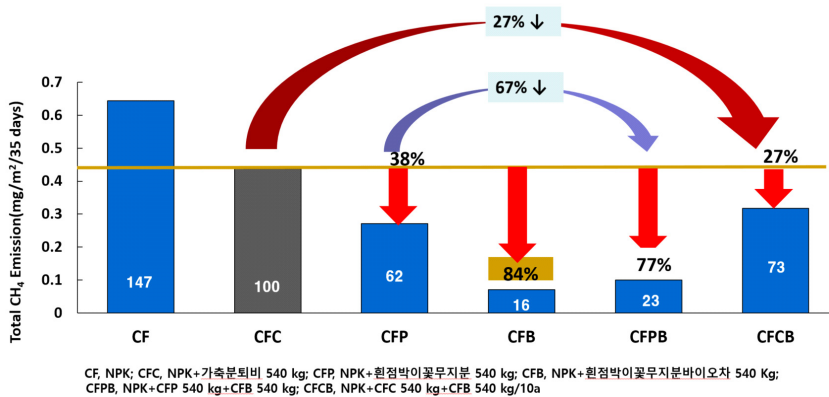


그림 3. 배추 재배 기간 메탄 가스 배출량

배추 재배과정에서 발생한 아산화질소 가스 배출량은 그림 4와 같다. 혼합가축분퇴비 처리구인 CFC의 가스 발생량을 100으로 하였을 때, 아산화질소 가스 발생량은 CFP 처리구 126으로 26% 증가하였으나, CFB 처리구는 41로 59%의 감축효과가 있었다. 또한 CFC와 CFP 처리구에 흰점박이꽃무지분바이오차를 사용한 CFCB와 CFPB처리구에서는 사용하지 않은 처리구에 비해 각각 25%, 9% 가스 배출량이 줄어든 것을 확인하였다.

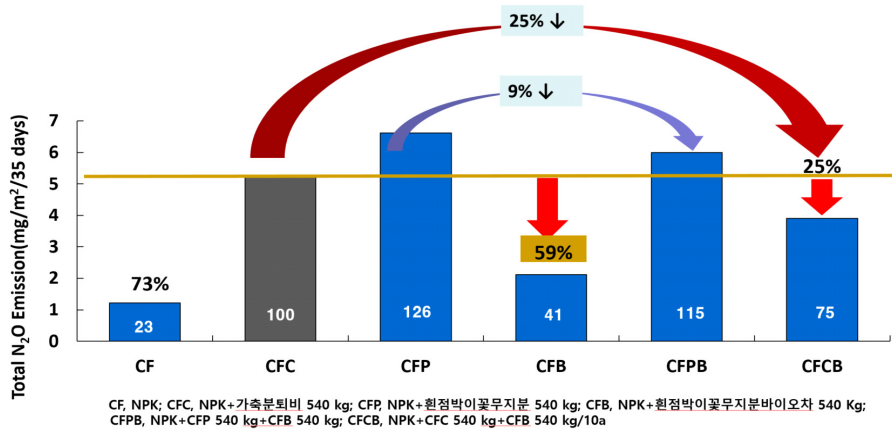


그림 4. 배추 재배 기간 아산화질소 가스 배출량

배추 재배과정에서 발생한 이산화탄소 가스 배출량은 그림 5와 같다. 혼합가축분퇴비 처리구인 CFC의 가스 발생량을 100으로 하였을 때, 이산화탄소 가스 발생량은 CFP 처리구 77, CFB 처리구는 92으로 혼합가축분퇴비 처리구에 비해 각각 23%, 8%의 감축효과가 있었다. CFPB처리구에서는 원점박이꽃무지분바이오차의 처리에 따른 감축효과를 확인할 수 없었으나, CFCB 처리구에서는 시용하지 않은 처리구에 비해 31% 가스 배출량이 줄어든 것을 확인하였다.

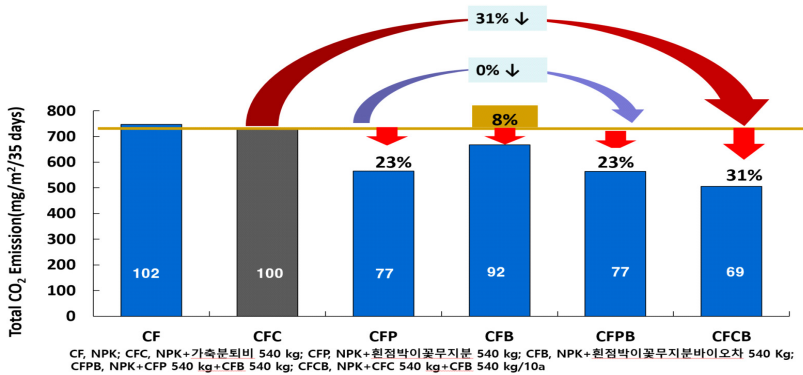


그림 5 배추 재배 기간 이산화탄소 가스 배출량

4. 결과요약

본 시험은 원점박이꽃무지 사육농가의 부산물을 활용한 소득향상과 탄소중립 가능성 탐색을 통한 미래 친환경적 자원으로서의 활용 가치를 알아보고자 2021년부터 2022년까지 기술원에서 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 진주, 창녕 두 지역의 노지 상추 재배 시 원점박이꽃무지분 기준량 및 배량 처리구

- 에서 엽장, 엽폭, 엽수 등이 무처리구 대비 비슷하거나 증가하는 경향이였다.
- 나. 진주, 창녕 두 지역의 상추 수확량은 흰점박이꽃무지분 기준량 처리시 7.5~9.2%, 배량 처리 시 9.9~19.9%로 무처리구 대비 유의적인 증수되었다.
- 다. 파종작물인 무, 시금치, 참깨의 발아율은 흰점박이꽃무지분의 시용에 따른 유의적인 차이가 없었다.
- 라. 고추, 상추, 무, 시금치, 참깨 재배 시 흰점박이꽃무지분의 기준량 및 배량 처리에 따른 반점, 엽의 변색, 뿌리 장애 등의 비해 증상이 전 생육기간 발견되지 않았다.
- 마. 노지 배추 재배에서 흰점박이꽃무지분은 혼합가축분퇴비 처리구에 비해 메탄 가스 38%, 이산화탄소 가스 23% 감축효과 있었다.
- 바. 노지 배추 재배에서 흰점박이꽃무지분바이오차는 혼합가축분퇴비 처리구에 비해 메탄 가스 84%, 이산화탄소 가스 8%, 아산화질소 가스 59%가 감축되어, 흰점박이꽃무지분바이오차의 온실가스 배출량 저감 효과를 확인하였다.

5. 인용문헌

- Ahrens, D., J. Schwarzer, and A.P. Vogler. 2014. The evolution of scarab beetles tracks the sequential rise of angiosperms and mammals. *Proc. Biol. Sci.* 1:20141470.
- Choi, M.T., J.I. Lee, Y.U. Yun, J.E. Lee, B.C. Lee, E.S. Yang, and Y.H. Lee. 2010. Relationship between fertilizer application level and soil chemical properties for strawberry cultivation under greenhouse in Chungnam Province. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:153-159.
- Chun, H.C., S.H. Lee, D.H. Gong, Y.D. Choi, and K.Y. Jung. 2020. Characterizations of growth, yield and water use efficiency of Adzuki bean as affected by drought stress. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 53:471-480.
- Kang, C.S., A.S. Roh, S.K. Kim, and K.Y. Park. 2011. Effects of the application of livestock manure compost on reducing the chemical fertilizer use for the lettuce cultivation in green house. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44:457-464.
- Kim, J.W., S.B. Lee, S.M. Bae, Y.H. Hwang, S.L. Choi, and H.S. Lee. 2019. Study on technology of using by-products derived from industrial insect. p. 195-196. In *Research Report of Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services*, Jinju, Korea
- NIAS. 2010. *Methods of soil chemical analysis*. National Institute of Agricultural Sciences, Suwon, Korea.
- NIAS. 2000. *Methods of soil and plant analysis*. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- RDA. 2012. *Standard of analysis and survey for agricultural experiment*. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2021. *Methods of testing and sampling for fertilizer*. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- SAS. 2021. *SAS Version 9.4*. SAS Institute, Cary, USA.

Wang, K., P.P. Li, Y.Y. Gao, C.Q. Liu, Q.L. Wang, J. Yin, J. Zhang, L. Geng, and C.L. Shu. 2019. De novo genome assembly of the white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis*). *GigaScience* 8:1-9.

6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2021년도 (1년차)	학술발표	○ 흰점박이꽃무지분 시용이 상추 생육과 토양화학성에 미치는 영향
	학술발표	○ 흰점박이꽃무지분의 비해 검정에 의한 유기질 비료 개발
	영농기술	○ 상추 재배 시 흰점박이꽃무지분의 시용 효과
	정책제안	○ 비료의 품질검사방법 및 시료채취 기준 개정
	정책제안	○ 흰점박이꽃무지분 비료공정규격 신규 설정
2022년도 (2년차)	공정규격	○ 흰점박이꽃무지분 비료 공정 규격 설정
	학술발표	○ Effect of mixing <i>Protaetiabrevitarsis</i> larvae manure and biocharapplication on lettuce growth characteristics and N ₂ O gas emission reduction
	논문게재	○ Effects of <i>Protaetia brevitarsis</i> Larvae Manure Application on Lettuce Growth and Soil Chemical Properties
	논문게재	○ <i>Protaetia brevitarsis</i> Larvae Manure as an Organic Amendment for Cultivation of Lettuce and Red Pepper
	특허출원	○ 흰점박이꽃무지 분변토를 이용한 바이오차 및 이의 용도

7. 연구원 편성

세부과제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도	
						'21	'20
1) 흰점박이꽃무지 분변토 이용 기술 개발	책 임 자	유용곤충연구소	농업연구사	정경희	총괄수행	○	○
	공동연구자	유용곤충연구소	농업연구사	김종원	조사분석	○	○
	공동연구자	유용곤충연구소	농업연구사	이슬비	조사분석	○	○
	공동연구자	유용곤충연구소	농업연구관	장다현	조사분석	○	○
	공동연구자	유용곤충연구소	농업연구사	배성문	조사분석	○	○
	공동연구자	유용곤충연구소	농업연구관	이영한	결과검토	○	○
	공동연구자	농업기술원	농업연구관	장영호	총괄검토	○	
	공동연구자	농업기술원	농업연구관	김영광	총괄검토		○
	공동연구자	경상국립대학교	교 수	서동철	결과검토	○	○