

한약추출박 퇴비가 토양의 화학적 특성 및 복분자 품질에 미치는 영향

김성조, 김재영¹, 백승화^{2*}원광대학교 식품·환경학과, ¹식품의약품안전청 식품의약품안전평가원, ²충북도립대학교 바이오식품생명과학과Effect of Composted Medicinal Herb Waste on Soil Chemical Properties and *Rubus coreanus* Miquel (*Bokbunja*) QualitySeong Jo Kim, Jae Young Kim¹ and Seung Hwa Baek^{2*}

Department of Food and Environmental Sciences, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

¹Department of Food Safety Evaluation, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Korea Food and Drug Administration, Cheongwon 363-951, Korea²Department of Biofood Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University, Okcheon 373-806, Korea

Abstract - In order to reuse remnants of medicinal herb extracts as an environment-friendly manure, fermented compost made from medicinal herb waste (MHWC), poultry manure compost (PMC) and MHWC + PMC (1:1, w/w) were applied on upland soil cultivated with 2 year-old *Bokbunja* plants. The results of the changes of soil chemical properties on upland soil, the yield and the sugar contents of the fruit harvested were summarized as follows. The pH in soils treated with composts (STCs) was significantly changed ($p < 0.05$) compared with untreated control (UC) group. The electrical conductivity (EC) in MHWC group was decreased 0.46-0.56 times compared with UC, and it was different from PMC groups. The contents of organic matter and total nitrogen were increased in all of the treatments and MHWC group was the highest among the all groups. The content of available phosphorous was different by types and amounts of the composts. The content of heavy metal in all groups did not exceed the standard content for soil contamination. The yield and the sugar contents of the fruit harvested were the highest in the treatments of MHWC. In conclusion, MHWC is an effective compost resource on improvement of soil environment and promoting the fruit qualities.

Key words - Medicinal herb waste, Poultry manure compost, Soil chemical properties, Sugar content, Yield

서 언

한약재의 소비형태는 한방병원 및 한의원에서 한약탕제 용으로 사용되며, 탕제 후 나오는 찌꺼기들은 일부 분재비료 용으로 쓰이나 대부분 폐기되고 있는 실정이다(Kim *et al.*, 2001; Jeong *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2005; Choi, 2010). 국내에서 생산되는 한약재는 2009년 기준으로 상위 10개 품목이 약 5568톤, 수입되는 한약재는 상위 10개 품목이 약 2857톤이 유통되어지며(KFDA, 2010), 하루에 배출되는 한약탕제찌꺼기의 양은 30 ton 이상일 것으로 추산되고 있어(Jeong *et al.*, 2003; Choi, 2010), 이의 폐기처리비용은 상당할 것이며 그대로 폐기하는 것은, 찌꺼기 중

의 여전히 남아있는 한약재의 유효성분 가치를 볼 때 자원의 낭비가 될 수 있어서, 유기질 퇴비와 같은 자원으로 활용할 경우 환경보호 측면과 경제적 측면에서 가치가 있을 것으로 판단된다. 이러한 탕제 후 찌꺼기를 이용한 기존 연구는 양어사료 첨가물로서의 기능성 입증(Jeong *et al.*, 2003), 돈육의 품질향상효과(Kim *et al.*, 2001), 재래닭의 생산성과 계육의 품질개선효과(Kim *et al.*, 2002), 폐한약재와 분변토를 이용한 생물비료의 효과(Lee *et al.*, 2005) 및 한약부산물퇴비처리에 따른 울금 경작지의 토양개선 및 수량증대효과(Han *et al.*, 2010) 등을 밝혔으며, 한약추출박 퇴비가 유기질, 질소, 인산, 가리 및 미량요소 등이 골고루 함유되어 있어 유기질 비료로 사용이 가능하여 배초향의 생육에 효과적이었다고 보고된바 있다(Choi, 2010).

복분자는 유기질이 풍부하고, 배수가 양호한 양지에서

*교신저자(E-mail) : jinho@cpu.ac.kr

자라는 자생식물이었으나 수요에 따른 수량 확보를 위해 일반작물과 같은 재배형태로 작부체계가 이루지고 있다(Park, 2004). 따라서 비배관리 면에서 적절한 유기질 자원은 복분자 생산량 증가에 효과적일 것이라 생각된다. 실제로 농가에서는 계분 퇴비 등과 같은 유기질 비료를 사용함으로써 식물영양분의 공급과 생육환경을 개선하는 방법들을 도모하고 있는 실정이다(Park, 2004). 이러한 유기물 자원들로는 볏짚, 팥화완겨, 톱밥 등이 널리 사용되고 있지만, 한약탕제찌꺼기와 같은 폐자원을 재활용한다면 탕제 후 잔존하는 유효성분에 의해 식약용 자원으로 널리 사용되어지는 복분자(*R. coreanus* Miq.)의 생산 촉진효과를 볼 수 있고(Choi, 2010), 과실의 품질을 평가하는 당도 뿐 아니라 토양개선효과에도 영향을 미칠 수 있을 것이라 판단된다.

복분자 과실은 장미과의 낙엽관목으로 우리나라 남부 및 중부지방의 해발 50-1000 m의 산기슭의 양지에 자생하며, 5-6월에 꽃이 피고 지역, 품종에 따라 다르지만, 6월 중순에서 7-8월에 열매가 성숙된다(Park *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2011a). 또한, 국내 연간 생산량은 2008년에 1만 2282톤에서 2009년에 1만 4411톤으로 해마다 증가하는 실정이며(MIFAFF, 2010), 수요량 또한 복분자의 효능에 힘입어 날로 증가하고 있는 실정이다. 복분자 과실은 당도가 7.6-12.4 °brix 범위이며, 유리당, 무기질의 인, 철 및 칼륨이 많이 함유되어 있고 특히 유기산과 vitamin C가 많이 포함되어 있다(Cha *et al.*, 2001; Cho *et al.*, 2004; Cha *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2011a). 또한, 생리활성 물질로서 폴리페놀, 플라보노이드 등이 다량 함유되어있으며, 항암 활성 및 면역증진효과, 항산화 및 항균효과, Hepatitis B virus 억제 등의 다양한 생리활성에 대한 효능이 밝혀졌다(Chung *et al.*, 1997; Mullen *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2011b).

이와 같이 식약용으로 널리 이용되는 복분자의 경작지에 친환경 퇴비자원으로서 한약탕제찌꺼기퇴비를 처리하여 토양의 화학성, 복분자의 수량 및 품질인자인 당도에 미치는 영향을 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시 토양 및 퇴비

본 연구는 전북 고창군 해리면에 소재하는 복분자 밭 토양에서 식재된 복분자에 농협에서 공급하는 상용화된 계분 퇴비(PMC: Poultry manure compost)와 원광대학교 한방병

원에서 탕제 후 발생된 한약탕제찌꺼기를 수거하여 통성혐기성 발효과정을 거친 퇴비(MHWC: Medicinal herbs waste compost)를 사용하여 정식 2년차 복분자 나무의 뿌리 부근에 골고루 처리하였다. 토양시료의 채취는 출엽, 개화, 수확 및 수확후기 등의 시기를 맞춰 30일 간격 총 120일간하여 토양의 화학적 특성을 조사하였다.

MHWC의 통성혐기성 발효장치는 외부에 열선을 부착한 유효용량이 15 L(총용량 25 L)인 아크릴로 제작하였으며 한약탕제찌꺼기(수분함량 : 약 60%)를 채워 발효시키는 동안 55°C로 품온을 유지하고자 1일 1회 섞어주기를 하였으며 퇴비의 온도가 일정하게 유지되어 부숙화가 완료되었다 판단 후, 발효를 시작하지 90일 후 토양에 처리하였다. 퇴비의 처리는 전북 고창군 해리면에 소재하는 포장 내에 시험구 당 면적 5.25 m²(0.5×11.5 m)에 2년생 복분자(*R. coreanus*) 나무를 재식주수 7주, 재식거리 50×100 cm로 하여 무처리(UC: untreated control) 1개 군, 한약탕제찌꺼기발효퇴비(MHWC: medicinal herb waste compost), 계분퇴비(PMC: poultry manure compost), MHWC+PMC(1:1, w/w)를 각각 20, 40 Mg/ha로 처리한 6개 군 등 총 7개 군으로 임의 배치 3반복 처리하였다.

토양 시료

토양시료는 각 처리구의 주변에서 표토 1-2 cm를 제거한 후 auger를 이용하여 15 cm 깊이에서 3회 채취하였고, 채취한 시료는 음지에서 풍건한 후 고무망치로 잘게 부수어 2 mm 표준체를 통과한 시료는 일반성분 분석용, 0.15 mm 체를 통과한 시료는 중금속 분석용으로 사용하였다.

퇴비 및 토양 분석

퇴비 및 토양의 화학적 특성은 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 즉, pH와 EC는 시료와 증류수 비율을 1:5 (w/v)로 하여 30분간 진탕한 후 pH meter(HM-25R, Toadkk, Japan) 및 EC meter(455C, Istek, Korea)를 이용해 초자전극 및 전기전도도법으로 측정하였고, 탄소함량은 수분을 측정한 시료를 사용하여 200°C 전기로에서 연기가 발생하지 않을 때까지 태운 후 550°C 전기로에서 2시간 정도 회화시켜 이를 데시케이터에서 냉각 후 평량하여 탄소함량을 측정하였다. 유기물 함량은 Tyurin법으로 즉, 200 mesh 체를 통과한 시료 0.2 g에 10 mL의 0.4 N 중크롬산칼리황산혼합액을 가한 후 200°C의 전열판에 가열하여

Table 1. Chemical properties and heavy metal contents of composts used in the experiment

Composts	pH	T-C ²⁾	T-N ³⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	C/N	Pb	Cd	Ni	Cu	Zn
	(1:5)	----- % -----									----- mg/kg -----			
MHWC ¹⁾	4.17	45.49	1.41	0.17	0.43	0.38	0.11	0.02	32.26	0.00	0.13	0.95	2.27	11.27
PMC	8.58	37.31	2.18	2.01	1.98	1.60	0.50	0.15	17.11	3.23	0.37	3.01	152.64	141.80

¹⁾MHWC: Medicinal herb waste compost, ²⁾PMC: Poultry manure compost, ²⁾T-C: Total-Carbon content, ³⁾T-N: Total- Nitrogen content.

Table 2. Chemical properties of the soil used in the experiment

pH	EC ¹⁾	OM ²⁾	T-N ³⁾	Av. P ₂ O ₅	Cd	Pb	Ni	Cu	Zn	Exchangeable cations			
										K	Ca	Mg	Na
(1:5)	(ds/m)	(%)	(%)	-----	----- mg/kg -----				-----	----- cmol/kg -----			
5.44	0.170	1.648	0.129	591.60	0.35	1.43	6.99	7.26	49.68	0.765	3.326	1.284	0.114

¹⁾EC: Electrical conductivity, ²⁾OM: Organic matter content, ³⁾T-N: Total-Nitrogen content.

기포가 발생하지 정확히 5분 후 내려 냉각하고 증류수 150 mL를 가한 액을 5 mL의 H₃PO₄와 diphenylamine 지시약을 가하고 0.2 N 황산제1철암모늄 용액으로 적정하여 액색이 담록색이 될 때를 종말점으로 하여 계산하였다. 질소함량은 시료 1 g에 황산 20 mL와 CuSO₄ 촉매제를 Kjeldahl tube에 넣고 이를 분해하여 질소분석기(Vapodest 50, Gerhardt, Germany)로 측정하였다. 인산, 칼리, 석회 및 고토는 H₂SO₄-HClO₄ 습식분해법을 이용해 분해한 액을 인산은 Vanadate 법으로 spectrophotometer(V-560, Jasco, Japan)를 사용하여 470 nm에서 비색 정량하였고, 칼리, 석회 및 고토는 ICP(Integra XL, GBC, Australia)를 이용하여 분석하였다. 토양의 유효인산은 Lancaster법으로 풍건세토 5 g에 침출액 20 mL를 넣고 10분간 진탕하여 여과한 액 3 mL에 조작용액 6 mL, 0.4 mL 1-amino-2-naphtol-4-sulfonic acid 용액을 넣고 30°C에서 30분간 항온 후 spectrophotometer(V-560, Jasco, Japan)를 이용해 720 nm에서 측정하였다. 토양 중 치환성양이온은 1 N ammonium acetate (pH 7.0) 침출법으로 추출한 액을 ICP(Integra XL, GBC, Australia)로 분석하였다. 중금속의 분석은 Cao *et al.* (1984)의 방법을 이용하였는데 Kjeldahl tube에 시료 5 g과 4 N HNO₃ 45 mL를 혼합하여 70°C에서 24시간 추출한 액을 방냉한 후 30분간 진탕하여 여과한 액을 AAS(Atomic absorption spectrometry FS-220, Varian, Australia)를 이용하여 Pb, Cd, Ni, Cu 및 Zn을 분석하였다. 시험에 사용한 퇴비의 화학적 특성 및 중금속 함량은 Table 1에 나타내었으며, 처리 전 토양을 채취하여 토양 특성 분석을 한 결과는 Table 2와 같다.

복분자의 수량 및 당도 조사

꽃이 첫 개화한 시기를 기점으로 15, 20 및 25 일(DAF: days after flowering)을 수확시기로 하여 수확한 복분자 과실의 수량과 당도를 조사하였다. 수량은 시기별로 수확한 복분자 과실의 무게의 총량을 수량으로 판단하였으며, 당도는 수확한 복분자를 압착하여 얻은 착즙액을 사용하여 디지털 당도계(PR-101, Atago, Japan)로 측정하였다.

통계처리

모든 시료의 분석은 3회 반복 측정하였고, 실험에서 얻은 결과들은 Excel software을 사용하여 평균 및 표준오차를 작성하였다. 또한 One way ANOVA에 의해 p<0.05에서 유의차가 있는 항목에 대해서는 Duncan's multiple range test로 구간 유의차를 검증하였다.

결과 및 고찰

토양의 pH 및 EC 변화

토양 pH는 90 및 120 DAT에서 UC와 비교하여 40 MHWC+PMC Mg/ha 구에서 저하된 경우를 제외하면 퇴비종류 및 처리 수준에 관계없이 pH를 상승시켰다. 처리 경과일수가 지남에 따라 PMC 처리구의 경우는 pH가 점점 상승하는 경향이었고, MHWC 처리구는 저하되는 경향을 나타내었다. 이처럼 MHWC 처리구는 시일이 경과할수록 30 DAT에는 pH 6.52-6.72, 60 DAT에는 pH 6.15-6.48, 90 DAT에는 pH 6.07-6.40, 120 DAT에는 pH 5.96-6.32로서 점진적으로

Table 3. Changes of soil pH and EC in plots treated with various amounts of MHWC, PMC, and MHWC+PMC at 30, 60, 90, and 120 DAT on growing *Rubus coreanus* Miquel

Composts ¹⁾	Treatment (Mg/ha)	Days after application of composts							
		pH				EC (ds/m)			
		30	60	90	120	30	60	90	120
UC		5.29 ± 0.09 ^{2f}	5.53 ± 0.18 ^c	5.83 ± 0.22 ^d	5.93 ± 0.15 ^c	0.175 ± 0.006 ^b	0.159 ± 0.013 ^c	0.166 ± 0.006 ^d	0.169 ± 0.007 ^d
MHWC	20	6.52 ± 0.13 ^b	6.15 ± 0.16 ^{bc}	6.07 ± 0.16 ^c	5.96 ± 0.13 ^c	0.077 ± 0.010 ^d	0.097 ± 0.005 ^d	0.110 ± 0.009 ^e	0.112 ± 0.013 ^c
	40	6.72 ± 0.18 ^a	6.48 ± 0.13 ^a	6.40 ± 0.23 ^a	6.32 ± 0.24 ^{ab}	0.095 ± 0.016 ^c	0.108 ± 0.008 ^d	0.118 ± 0.004 ^e	0.112 ± 0.006 ^c
PMC	20	5.72 ± 0.13 ^c	6.06 ± 0.15 ^c	6.16 ± 0.16 ^{bc}	6.20 ± 0.17 ^b	0.223 ± 0.022 ^a	0.219 ± 0.028 ^a	0.221 ± 0.026 ^b	0.225 ± 0.029 ^b
	40	6.11 ± 0.10 ^d	6.16 ± 0.08 ^{bc}	6.38 ± 0.07 ^a	6.39 ± 0.10 ^a	0.216 ± 0.022 ^a	0.230 ± 0.019 ^a	0.235 ± 0.020 ^a	0.241 ± 0.022 ^a
MHWC+ PMC	20	6.34 ± 0.13 ^c	6.29 ± 0.13 ^b	6.32 ± 0.15 ^{ab}	6.24 ± 0.13 ^{ab}	0.177 ± 0.013 ^b	0.178 ± 0.012 ^b	0.182 ± 0.008 ^c	0.188 ± 0.004 ^c
	40	6.02 ± 0.21 ^d	5.88 ± 0.23 ^d	5.81 ± 0.21 ^d	5.84 ± 0.19 ^c	0.173 ± 0.011 ^b	0.176 ± 0.011 ^b	0.190 ± 0.006 ^c	0.190 ± 0.007 ^c

¹⁾UC: Untreated control, MHWC: Medicinal herb waste compost, PMC: Poultry manure compost, MHWC+PMC: Medicinal herb compost 50% + Poultry manure compost 50%, ²⁾Values are mean ± standard deviation (n=3), ^{a-f} Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05 level by Duncan's multiple range test.

저하되는 경향(Table 3)을 보였는데, MHWC는 퇴비화를 거친 직후 pH가 산성이나 발효되는 과정 중에 상존하는 중성 염에 의해 토양 처리 시 처리량이 많을수록 pH가 중성으로 변화한 것으로 추정되었다. 하지만 시일이 경과할수록 점점 산성화되는 경향은 발효에 의한 퇴비화 과정 중 생성된 염기의 소실과 시일이 경과할수록 퇴비의 분해과정에서 생성된 부식산이 원인인 것으로 추측되었는데, Kim and Kim(2007) 그리고 Shin and Shin(1975)은 퇴비처리 시 토양의 pH 산성화 변화 원인을 퇴비화 과정에서 생성된 산성 물질과의 반응과 염기의 세탈에 의한 원인으로 해석한 내용과 유사하였다. MHWC와 달리 PMC 처리구는 시일이 경과함에 따라 점진적으로 높아지는 경향(Table 3)을 보였다. 이는 다른 연구자들의 결과에서 보고한 바와 같이 가축분 퇴비 등을 처리하면 약산성 토양이 중성토양으로 변화한다는 경향과 동일한 것으로 사료된다(Park *et al.*, 2008; Kim and Kim, 2007; Lee and Chang, 1998).

30 DAT의 토양 중 EC값은 PMC 처리의 경우 0.216-0.223 ds/m 범위로 UC 0.175 ds/m에 비해 염류에 의하여 1.23-1.27배 증가하는 경향을 나타냈다(Table 3). 이는 화학비료와 퇴비처리에 의한 EC가 처리전보다 상승하는 결과를 나타내었다고 보고한 Hong *et al.*(2005)의 연구와 유사한 결과이다. 그러나 MHWC 처리구의 EC는 0.077-0.095 ds/m로 UC보다 0.46-0.56배 감소를 보여 PMC 처리구와는 상반된 결과(Table 3)를 나타내었는데, 이러한 결과는 MHWC 발효과정 중 발효되지 못하고 잔존하는 미발효 찌

꺼기들이 토양 중의 이온들을 흡착하여 낮아지는 것으로 추정되었다. 또한, 퇴비 시용 후 시일이 경과함에 따라 토양의 EC는 UC를 제외한 유기질 퇴비 시용구는 점차 증가하는 경향을 나타내었다.

토양의 유기물, 질소 및 유효인산함량 변화

유기물 함량은 UC에 비하여 퇴비 종류와 무관하게 증가하였고, 가장 증가된 퇴비는 MHWC 처리였는데(Table 4), 이는 Table 1의 유기물 함량이 높았던 결과와 일치하였다. 특히 30 DAT를 기준으로, UC와 비교하여 MHWC의 경우 가장 높은 17.31-45.51%, PMC 처리는 각각 16.03-24.36% 증가되어 유기물의 보충효과가 큰 것으로 생각 되었으며, 이는 토양 중 미생물의 밀도가 증가하고 식물뿌리의 유체 또한 증가하여 biomass가 상대적으로 증대된 것으로 생각 된다(Han *et al.*, 2010). 하지만 처리 후 시일이 경과하면 토양 중 유기물은 퇴비종류와 무관하게 작물의 양분이용에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

퇴비의 종류 및 처리량에 따라 질소함량의 변화는 유의성 있는 차이를 나타냈다. 30 DAT의 경우 MHWC 40>MHWC+PMC 40≥MHWC+PMC 20≥PMC 40≥MHWC 20≥PMC 20>UC 순으로 UC에 비하여 모든 처리구에서 증가되어 0.020-0.069% 범위이었다. 60 DAT의 경우 MHWC 40≥MHWC+PMC 20≥MHWC+PMC 40≥PMC 40≥MHWC 20≥PMC 20>UC 순으로 UC에 비하여 모든 처리구에서 0.035-0.072% 범위이었다. 90 DAT의 경우 MHWC 40>

Table 4. Changes of soil organic matter and total nitrogen contents in plots treated with various amounts of MHWC, PMC, and MHWC+PMC at 30, 60, 90, and 120 DAT on growing *Rubus coreanus* Miquel

Composts ¹⁾	Treatment (Mg/ha)	Days after application of composts							
		Organic matter (%)				Total nitrogen (%)			
		30	60	90	120	30	60	90	120
UC		1.56 ± 0.10 ^{2)c}	1.45 ± 0.11 ^c	1.35 ± 0.04 ^d	1.33 ± 0.04 ^d	0.126 ± 0.011 ^d	0.093 ± 0.008 ^d	0.088 ± 0.006 ^c	0.076 ± 0.009 ^e
MHWC	20	1.83 ± 0.13 ^{cd}	1.74 ± 0.16 ^{cd}	1.71 ± 0.15 ^{bc}	1.69 ± 0.13 ^c	0.161 ± 0.015 ^{bc}	0.140 ± 0.009 ^{bc}	0.131 ± 0.012 ^c	0.118 ± 0.006 ^c
	40	2.27 ± 0.23 ^a	2.06 ± 0.16 ^a	2.01 ± 0.15 ^a	1.99 ± 0.17 ^a	0.195 ± 0.017 ^a	0.165 ± 0.013 ^a	0.158 ± 0.008 ^a	0.147 ± 0.003 ^a
PMC	20	1.81 ± 0.11 ^d	1.70 ± 0.11 ^d	1.65 ± 0.12 ^c	1.62 ± 0.11 ^c	0.146 ± 0.014 ^c	0.128 ± 0.015 ^c	0.116 ± 0.008 ^d	0.107 ± 0.007 ^d
	40	1.94 ± 0.21 ^{bcd}	1.87 ± 0.13 ^{bc}	1.82 ± 0.09 ^b	1.82 ± 0.06 ^b	0.164 ± 0.026 ^b	0.141 ± 0.026 ^{bc}	0.132 ± 0.020 ^c	0.119 ± 0.016 ^c
MHWC+PMC	20	1.98 ± 0.17 ^{bc}	1.75 ± 0.19 ^{cd}	1.64 ± 0.21 ^c	1.60 ± 0.19 ^c	0.168 ± 0.020 ^b	0.158 ± 0.016 ^{ab}	0.142 ± 0.006 ^b	0.131 ± 0.006 ^b
	40	2.00 ± 0.11 ^b	1.97 ± 0.18 ^{ab}	1.96 ± 0.09 ^a	1.89 ± 0.13 ^{ab}	0.171 ± 0.022 ^b	0.155 ± 0.018 ^{ab}	0.144 ± 0.009 ^b	0.134 ± 0.007 ^b

¹⁾UC: Untreated control, MHWC: Medicinal herb waste compost, PMC: Poultry manure compost, MHWC+PMC: Medicinal herb compost 50% + Poultry manure compost 50%, ²⁾Values are mean ± standard deviation (n=3), ^{a-c}Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05 level by Duncan's multiple range test.

Table 5. Changes of soil available phosphorous contents in plots treated with various amounts of MHWC, PMC, and MHWC+PMC at 30, 60, 90, and 120 DAT on growing *Rubus coreanus* Miquel

Composts ¹⁾	Treatment (Mg/ha)	Days after application of composts			
		30	60	90	120
		----- mg/kg -----			
UC		600.34 ± 24.68 ^{2)b}	511.71 ± 10.12 ^c	438.24 ± 24.99 ^{cd}	434.21 ± 22.74 ^c
MHWC	20	447.97 ± 49.97 ^{cd}	465.87 ± 72.92 ^c	473.14 ± 68.43 ^c	471.41 ± 80.87 ^c
	40	425.08 ± 36.99 ^d	392.34 ± 15.38 ^d	355.48 ± 13.42 ^c	359.02 ± 10.54 ^d
PMC	20	640.08 ± 48.09 ^b	652.60 ± 57.63 ^b	624.54 ± 83.89 ^b	622.63 ± 81.07 ^b
	40	741.33 ± 106.24 ^a	764.37 ± 123.54 ^a	784.31 ± 96.78 ^a	781.06 ± 108.52 ^a
MHWC+PMC	20	507.78 ± 44.86 ^c	456.58 ± 35.28 ^c	442.51 ± 33.46 ^{cd}	439.79 ± 21.70 ^c
	40	390.14 ± 35.73 ^d	394.91 ± 51.21 ^d	398.90 ± 44.55 ^{de}	412.82 ± 35.14 ^{cd}

¹⁾UC: Untreated control, MHWC: Medicinal herb waste compost, PMC: Poultry manure compost, MHWC+PMC: Medicinal herb compost 50% + Poultry manure compost 50%, ²⁾Values are mean ± standard deviation (n=3), ^{a-c}Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05 level by Duncan's multiple range test.

MHWC+PMC 40 ≥ MHWC+PMC 20 > PMC 40 ≥ MHWC 20 > PMC 20 > UC 순으로 UC에 비하여 모든 처리구에서 증가되어 0.028-0.070% 범위이었다. 120 DAT의 경우 MHWC 40 > MHWC+PMC 40 ≥ MHWC+PMC 20 > PMC 40 ≥ MHWC 20 > PMC 20 > UC 순으로 UC에 비하여 모든 처리구에서 증가되어 0.031-0.071% 범위이었다(p<0.05, Table 4).

퇴비의 종류 및 처리량에 따라 토양 중 유효인산함량은 30 및 60 DAT의 경우, UC보다 PMC 처리구는 증가하였고, MHWC 및 MHWC+PMC 처리구는 감소하는 경향을 나타내어 퇴비종류 및 처리량에 따른 차이를 볼 수 있었다. 90, 120 DAT의 경우 MHWC 및 MHWC+PMC의 처리량을 20

Mg/ha로 하였을 때 UC보다 높은 경향을 보였는데(Table 5), 이는 토양의 pH(Table 3)가 약산성화 되면서 토양미생물의 활성증가 요인으로 유기물이 분해되어 유리된 인산이 증가한 것으로 추정되었다(Barrow, 1983; Ballard and Fiskell, 1974). 이와 달리 MHWC 및 MHWC+PMC 처리구의 양을 40 Mg/ha로 높일 때 유효인산은 UC보다 감소의 경향을 보이고 있었다. 하지만, MHWC+PMC 병행 처리 시 시간이 경과할수록 증가하는 결과로 보아 인산함량이 높은 가축분퇴비 등과 MHWC를 병행 처리 시 인산함량의 증가문제에 대한 해결방안으로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

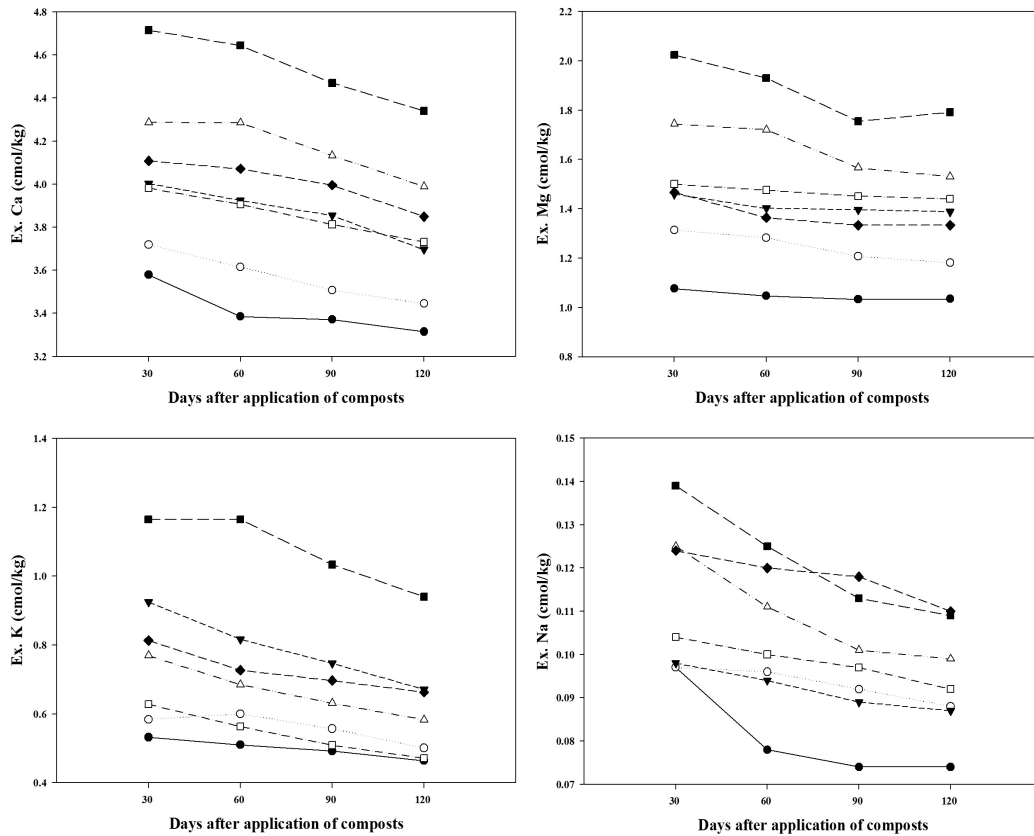


Fig. 1. Changes of exchangeable cation contents in plots treated with various amounts of MHWC, PMC, and MHWC+PMC at 30, 60, 90, and 120 DAT on growing *Rubus coreanus* Miquel. —○— : UC, —◇— : 20 MHWC Mg/ha, —■— : 40 MHWC Mg/ha, —△— : 20 PMC Mg/ha, —□— : 40 PMC Mg/ha, —○— : 20 MHWC+PMC Mg/ha, —◇— : 40 MHWC+PMC Mg/ha.

토양의 치환성양이온

Ca²⁺의 양적변화를 보면 30, 60 및 90 DAT에서의 증가 경향은 UC와 비교하여 MHWC의 경우, PMC와 MHWC+PMC에 비해 소량의 증가를 나타내었으며, 120 DAT에서는 30, 60 및 90 DAT와 비슷한 증가경향을 보였지만 MHWC 40 > MHWC+PMC 20에서 MHWC+PMC 20 > MHWC 40으로 바뀌어졌는데(Fig. 1) 이는 MHWC 발효과정에서 유리된 칼슘이온이 90 DAT까지 대부분 용출되지만 PMC에 결합 및 흡착된 칼슘이온의 형태는 불용성 및 난용성으로 가용화가 빠르게 진행되지 못하고 지연되기 때문으로 생각되었다. Mg²⁺이온 함량은 60, 90 및 120 DAT에서 30 DAT의 MHWC 40 > MHWC+PMC 40 순서에서 MHWC+PMC 40 > MHWC 40으로 바뀌어졌는데(Fig. 1), 이는 초기에 40 MHWC Mg/ha에서 가용화 Mg²⁺이온의 용출이 진행되던 반하여 40 MHWC+PMC Mg/ha의 PMC에 함유된 Mg²⁺이온이 가용화가 늦게 이루어진 결과로 생각된다. K⁺이온 함량 또한 60, 90 및

120 DAT에서 30 DAT의 MHWC+PMC 20 > MHWC 20 순서에서 MHWC 20 > MHWC+PMC 20으로 바뀌어졌는데(Fig. 1), 이는 20 MHWC+PMC Mg/ha의 K⁺이온 가용화가 미흡하여 난용성 또는 불용성 상태로 존재하는데 원인이 있는 것으로 생각된다. Na⁺이온 함량은 30, 60, 90 및 120 DAT의 경우 UC에 비해 각각 0.000–0.042, 0.016–0.047, 0.015–0.044, 0.013–0.036 cmol/kg로 미미한 변화를 보였다(Fig. 1). 이는 처리 퇴비의 Na함량이 낮을 뿐 아니라 작물생육 시 뿌리에서 흡수하거나, 생육기간에 강우가 있을 경우 유거수와 토양공극을 통하여 누수 되는 과정에서 용탈 또는 세탈로 인하여 Na⁺이온의 함량이 감소된 것으로 생각되었다(Hong *et al.*, 2005). 이와 같이 치환성양이온이용률은 30 DAT에서 전체적으로 UC에 비해 모든 퇴비처리구가 양적증가를 보이다 복분자의 생육에 의한 양이온의 함량이 60 DAT부터 점점 감소하는 경향이었으나 그 감소가 미약하여 유의성을 인정하기 어려웠다.

토양의 중금속 함량

각 퇴비의 Cd, Pb, Ni, Cu, Zn 함량은 모두 비료관리법 (MIFFAF, 2009)의 부산물비료 기준을 충족시켰다(Table 1). 퇴비의 종류 및 처리량에 따른 토양의 Cd, Pb, Ni, Cu, Zn 함량은 모든 퇴비구가 UC와 비교하여 -0.02-0.02, 0.09-0.13, 0.15-0.93, 0.80-1.74, 1.32-5.68 mg/kg 증가하는 경향이였으나 처리구별 유의성은 없었다(Table 6). 또한, 토양환경보전법시행규칙(ME, 2009)의 토양오염우려기준인 Cd 1.5 mg/kg, Pb 100 mg/kg, Ni 40 mg/kg, Cu 50 mg/kg, Zn 300 mg/kg의 수준보다도 훨씬 낮아 복분자의 생육억제 및 유해성, 그리고 토양오염을 염려하지 않아도 되어 MHWC, PMC 및 MHWC+PMC를 농지에 처리하여도 좋을 것으로 판단되었다.

복분자의 수량과 당도 변화

복분자의 수확량은 15 DAF 및 25 DAF 보다 20 DAF가 각각 187-392%, 13.89-51.08% 증가되었다. 즉, 20 DAF의 수확량이 가장 많았던 원인은 Kim *et al.* (2005)등의 복분자 과실 수량 및 특성은 기온, 일조시간 및 강수량 등의 기상요인이 중요하다고 한 바 있어 기상요인이 양호하였던 것으로 생각 할 수 있었다. 퇴비종류에 따른 복분자의 수량에 관한 유의성은 15 DAF의 경우 {MHWC 40}, {MHWC 20, PMC 20, MHWC+PMC 20, PMC 40, MHWC+PMC 40}, {MHWC 20, PMC 20, MHWC+PMC 20, PMC 40, MHWC+PMC 40, UC} 3개구간, 20 DAF의 경우 {MHWC+PMC 20, MHWC 40}, {MHWC 40, PMC 20, MHWC+PMC 40}, {PMC

20, MHWC+PMC 40, PMC 40}, {PMC 40, UC, MHWC 20} 4개구간, 25 DAF의 경우 {MHWC 20, MHWC 40, MHWC+PMC 40}, {MHWC+PMC 40, MHWC+PMC 20, PMC 20, PMC 40}, {UC} 3개구간이 인정되었다(p<0.05). 복분자의 15, 20, 25 DAF의 수량을 모두 합한 경우 MHWC 40>MHWC+PMC 20>PMC 20>MHWC 20>MHWC+PMC 40>PMC 40>UC 순 이었다. 이와같이 수량증가 효과가 일정치 않고 퇴비 종류와 처리량이 같아도 수확시기별로 약간의 차이가 있는 결과는 복분자나무의 생육에 필요한 영양성분의 공급량이 MHWC의 경우 20 Mg/ha 수준은 약간 낮으나 40 Mg/ha 수준은 충분하여 생육에 적절한 수준을 유지하였고, PMC의 시비의 경우 20 Mg/ha 수준은 생육을 지연시키지 않으나 40 Mg/ha 수준은 영양성분이 과다하게 함유되어 생육을 지연시킨 결과로 추정 할 수 있었다. 따라서 MHWC+PMC의 혼합비료의 경우 20 Mg/ha 수준은 적당하나 40 Mg/ha 수준은 영양성분이 과다하게 함유되어 생육을 지연시킨 결과로 추정되었다. 전체적으로 유기퇴비를 사용한 결과는 Han *et al.* (2010)이 울금 재배에 있어 화학비료 처리보다 돈분 퇴비와 한약부산물퇴비를 처리한 결과가 식용과 약용으로 이용하는 근경의 건물수량이 증산 되었을 뿐 아니라 유효성분의 함량을 증가시키는 방법으로도 좋았다고 보고한 결과와 유사하게 그 효과를 인정할 수 있었다.

당도는 UC를 포함한 모든 처리구가 20 DAF에서 11.5-12.7 °brix로 가장 높은 것으로 관찰되었다. 15 DAF는 9.0-10.3 °brix로 가장 낮았으며, 25 DAF는 8.3-11.5 °brix로 편차가 컸다. 특히 25 DAF에서는 MHWC를 20, 40 Mg/ha

Table 6. Changes of soil heavy metal contents by application of composts

Composts ¹⁾	Treatment (Mg/ha)	mg/kg				
		Cd	Pb	Ni	Cu	Zn
UC		0.35 ± 0.02 ^{2)ab}	1.16 ± 0.03 ^a	6.57 ± 0.60 ^b	7.50 ± 0.61 ^c	50.06 ± 1.07 ^c
MHWC	20	0.33 ± 0.02 ^b	1.30 ± 0.12 ^a	6.76 ± 0.51 ^b	8.30 ± 0.56 ^b	51.57 ± 1.24 ^{bc}
	40	0.35 ± 0.02 ^{ab}	1.31 ± 0.23 ^a	6.75 ± 0.67 ^b	8.87 ± 0.61 ^{ab}	51.48 ± 0.84 ^{bc}
PMC	20	0.36 ± 0.08 ^{ab}	1.31 ± 0.14 ^a	7.15 ± 0.42 ^{ab}	9.24 ± 0.43 ^a	53.24 ± 3.01 ^{bc}
	40	0.37 ± 0.03 ^a	1.33 ± 0.14 ^a	7.50 ± 0.40 ^a	9.06 ± 0.64 ^a	55.74 ± 3.42 ^a
MHWC+PMC	20	0.35 ± 0.02 ^{ab}	1.33 ± 0.07 ^a	6.72 ± 0.33 ^b	9.13 ± 0.32 ^a	51.38 ± 0.95 ^{bc}
	40	0.34 ± 0.01 ^{ab}	1.34 ± 0.13 ^a	7.06 ± 0.29 ^{ab}	9.21 ± 0.23 ^a	54.93 ± 2.26 ^a

¹⁾UC: Untreated control, MHWC: Medicinal herb waste compost, PMC: Poultry manure compost, MHWC+PMC: Medicinal herb compost 50% + Poultry manure compost 50%, ²⁾Values are mean ± standard deviation (n=3), ^{a-c}Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05 level by Duncan's multiple range test.

Table 7. Yields of *Rubus coreanus* Miquel grown in plots treated with various amounts of MHWC, PMC, and MHWC+PMC

Composts ¹⁾	Treatment (Mg/ha)	Yields (kg/10a)			
		15 DAF ²⁾	20 DAF	25 DAF	Total
UC		86.64 ± 19.74 ^{3)c}	329.82 ± 20.54 ^d	161.35 ± 27.08 ^c	577.81
MHWC	20	131.93 ± 6.74 ^b	322.21 ± 14.30 ^d	277.47 ± 21.37 ^a	731.61
	40	209.89 ± 38.34 ^a	393.48 ± 34.59 ^{ab}	272.52 ± 15.94 ^a	875.89
PMC	20	128.61 ± 12.63 ^{bc}	383.82 ± 22.30 ^{bc}	228.31 ± 16.01 ^b	740.75
	40	100.59 ± 20.42 ^{bc}	350.56 ± 11.44 ^{cd}	222.09 ± 11.17 ^b	673.24
MHWC+PMC	20	114.29 ± 35.09 ^{bc}	428.50 ± 23.67 ^a	229.22 ± 20.25 ^b	772.01
	40	96.25 ± 7.19 ^{bc}	377.65 ± 21.14 ^{bc}	253.16 ± 7.42 ^{ab}	727.05

¹⁾UC: Untreated control, MHWC: Medicinal herb waste compost, PMC: Poultry manure compost, MHWC+PMC: Medicinal herb compost 50% + Poultry manure compost 50%, ²⁾DAF: days after flowering, ³⁾Values are mean ± standard deviation (n=3), ^{a-d}Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05 level by Duncan's multiple range test.

Table 8. Changes of sugar content in *Rubus coreanus* Miquel grown in plots treated with various amounts of MHWC, PMC, and MHWC+PMC

Composts ¹⁾	Treatment (Mg/ha)	Sugar contents (°Brix)			
		15 DAF ²⁾	20 DAF	25 DAF	Mean ± Std.
UC		9.0 ± 0.1 ^{3)d}	12.0 ± 0.1 ^d	8.7 ± 0.1 ^d	9.9 ± 1.6 ^a
MHWC	20	9.8 ± 0.1 ^b	12.4 ± 0.0 ^b	10.4 ± 0.1 ^b	10.9 ± 1.2 ^a
	40	9.5 ± 0.1 ^c	12.7 ± 0.0 ^a	11.5 ± 0.1 ^a	11.2 ± 1.4 ^a
PMC	20	10.1 ± 0.2 ^a	11.5 ± 0.1 ^e	8.8 ± 0.1 ^d	10.1 ± 1.1 ^a
	40	9.4 ± 0.2 ^c	12.2 ± 0.1 ^c	9.1 ± 0.1 ^c	10.2 ± 1.5 ^a
MHWC+PMC	20	9.6 ± 0.1 ^{bc}	12.2 ± 0.1 ^c	8.8 ± 0.1 ^d	10.2 ± 1.5 ^a
	40	10.3 ± 0.1 ^a	12.7 ± 0.1 ^a	8.3 ± 0.1 ^e	10.4 ± 1.9 ^a

¹⁾UC: Untreated control, MHWC: Medicinal herb waste compost, PMC: Poultry manure compost, MHWC+PMC: Medicinal herb compost 50% + Poultry manure compost 50%, ²⁾DAF: days after flowering, ³⁾Values are mean ± standard deviation (n=3), ^{a-e}Means with the same letter in column are not significantly different at p<0.05 level by Duncan's multiple range test.

수준으로 처리한 경우 당도는 각각 10.4, 11.5 °brix로 이 둘 간의 차이가 0.9 °brix이었다. 또한 PMC를 20, 40 Mg/ha로 처리한 경우 당도는 각각 8.8, 9.1 °brix이며, MHWC+PMC를 20, 40 Mg/ha로 처리한 경우 당도는 각각 8.3, 8.8 °brix 이어서 MHWC를 처리한 경우의 당도가 1.3-3.2 °brix나 더 높았다(Table 8). 이는 MHWC 처리에 의한 당도의 증가가 성숙시기에 따라 변화되는 것을 유의성 있게 볼 수 있었으며, 이는 폐기물 퇴비가 당도 증가에 영향을 준 Cho *et al.* (2005)의 음식물쓰레기 퇴비사용에 따른 감에 당도변화를 측정하는 연구와 유사하였다. 또한 MHWC의 년차별 처리를 통하여 당도의 변화에 영향을 주는 요인을 구명하는 깊이 있는 연구가 요구되었다.

적 요

본 연구는 한약탕제 찌꺼기를 친환경 퇴비자원으로서 재 활용하기 위하여 발효과정을 거친 퇴비(MHWC; medicinal herb waste compost)와 계분퇴비(PMC; poultry manure compost) 및 이들을 혼합한 퇴비(MHWC+PMC, 1:1)를 식재 2년생 복분자 포장에 무처리(UC; untreated control, 0), 20, 40 Mg/ha로 각각 처리하였다. 발 토양의 화학성과 수확한 복분자 과실의 수량 및 당도변화 조사 결과는 다음과 같다. 토양 pH는 UC보다 모두 증가하여 유의적인 pH 변화 조절기능이 인정되었다. EC는 MHWC 처리구가 UC보다 0.56-0.46 배 감소를 보였으며, PMC 처리구와 차이가 있었다. 유기물

함량과 질소함량은 퇴비 종류와 무관하게 증가하였고, 가장 증가된 퇴비는 MHWC이었다. 유효인산함량은 퇴비 종류 및 처리량에 따른 차이가 있었다. 각 퇴비를 처리한 토양의 중금속 함량은 토양오염우려기준보다 낮았다. MHWC 처리구의 수량과 당도는 다른 처리구에 비해 높은 경향을 나타내었다. 이상의 결과로 보아, MHWC 처리는 복분자 경작지의 토양환경개선과 더불어 복분자 과실의 수량 및 당도를 향상시키는 효과적인 퇴비자원인 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2011년도 원광대학교 교비에 의해서 연구되었습니다. 샘플링 및 분석을 도와준 원광대학교 식품·환경학과의 신민홍, 서정화, 송하연, 권예진, 김지원 학생들에게 감사의 말을 전합니다.

인용문헌

- Ballard, R. and J.G.A. Fiskell. 1974. Phosphorus retention in coastal plain forest soil: I. Relationship to soil properties. *Soil Sci. Soc. American Proc.* 38:250-255.
- Barrow, N.J., 1983. A mechanistic model for describing the sorption and desorption of phosphate by soil. *J. Soil Sci.* 34:733-750.
- CaO, H., A.C. Chang and A.L. Page. 1984. Heavy metal contents of sludge-treated soils as determined by three extraction procedures. *J. Environ. Qual.* 13:632-634.
- Cha, H.S., M.K. Lee, J.B. Hwang, M.S. Park and K.M. Park. 2001. Physicochemical characteristics of *Rubus coreanus* Miquel. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30:1021-1025 (in Korean).
- Cha, H.S., A.R. Youn, P.J. Park, H.R. Choi and B.S. Kim. 2007. Physicochemical characteristics of *Rubus coreanus* Miquel during maturation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39:476-479 (in Korean).
- Cho, S.H., S.W. Choi, H.R. Lee, J.Y. Lee, W.J. Lee and Y.S. Choi. 2004. Safety and effects on lipid parameters of *Rubus coreanus* and *Atractylodes japonica* in ovariectomized rats. *J. Food Sci. Nutr.* 9:361-366 (in Korean).
- Cho, Y.J., S.S. Chun, W.S. Cha, J.H. Park, S.L. Oh, W.Y. Lee, J.H. Kim and J.G. Park. 2005. Effect of food-garbage compost on the characteristics and storage of persimmon fruits. *Korean J. Food. Preserv.* 12:199-203 (in Korean).
- Choi, S.K. 2010. Effect of medicinal herbs remnant used as fertilizer on major agronomic characteristics and yield of *Agastache rugosa*. *Korean J. Plant Res.* 23:138-144 (in Korean).
- Chung, T.H., J.C. Kim, C.Y. Lee, M.K. Moon, S.C. Chae, I.S. Lee, S.H. Kim, K.S. Hahn and I.P. Lee. 1997. Potential antiviral effects of *Terminalia chebula*, *Sanguisorba officinalis*, *Rubus coreanus* and *Rheum palmatum* against duck hepatitis B virus (DHBV). *Phytotherapy Res.* 11:179-182.
- Han, H.S., S. Woo, D.K. Kim, B.G. Heo and K.D. Lee. 2010. Effects of composts on the growth, yield and effective components of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Korean J. Environ. Agri.* 29:138-145 (in Korean).
- Hong, S.G., K.W. Chang and H.Y. Kwon. 2005. Composting of food waste by non-stirrer sealed fermenter and change of NaCl content in soil during the pepper cultivation. *J. KORRA.* 13:82-88 (in Korean).
- Jeong, G.S., S.C. Ji and Y.S. Ju. 2003. Effects of the residues from medicinal herb extracts on growth and body composition of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. Korean Fish. Soc.* 36:614-618 (in Korean).
- KFDA. 2010. Food and drug statistical year book. Korean Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea.
- Kim, B.K., S.S. Kang and Y.J. Kim. 2001. Effects of dietary oriental medicine refuse and mugwort powder on physico-chemical properties of Korean native pork. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 21:208-214 (in Korean).
- Kim, B.K., I.U. Hwing, Y.J. Kim, Y.H. Hwang, M.J. Bae, S.M. Kim and J.H. An. 2002. Effect of dietary *Panax ginseng* leaves, *Dioscorea japonica* hulls and oriental medicine refuse on physico-chemical properties of Korean native chicken meat. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 22:122-129 (in Korean).
- Kim, B.T. and Y.S. Kim. 2007. Effect of food-waste and poultry manure compost on the growth of young radish and the change of soil properties. *J. KORRA.* 15:159-170 (in Korean).
- Kim, J.Y., S.H. Baek and S.J. Kim. 2011a. Effect of compost fermented Korean medicinal herb waste on physicochemical characteristics of *Rubus coreanus* Miquel (*Bokbunja*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40:839-847 (in Korean).
- Kim, S.H., H.G. Chung, Y.S. Jang, Y.K. Park, H.S. Park and S.C. Kim. 2005. Characteristics and screening of antioxidative activity for the fruit by *Rubus coreanus* Miq. clones. *J. Korean For. Soc.* 94:11-15 (in Korean).

- Kim S.J., J.Y. Kim and S.H. Baek. 2011b. Effect of composts fermented Korean medicinal herb wastes on physiological activities of *Rubus coreanus* Miquel (*Bokbunja*). Korean J. Plant Res. 24:243-252 (in Korean).
- Lee, E.Y., W.S. Cho and J.W. Park. 2005. Development of bio-fertilizers using waste chinese medicine and earthworm casting. J. KSWM. 22:332-338 (in Korean).
- Lee, S.S. and K.W. Chang. 1998. Changes of soil chemical properties and uptake of salts by the plants according to the application of the food waste compost. J. KOWREC. 6:59-67 (in Korean).
- ME. 2009. Standard for soil contamination. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea (in Korean).
- MIFAFF. 2009. Fertilizer control act. Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Gwacheon, Korea (in Korean).
- MIFAFF. 2010. The Annual output of cash crops. Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Gwacheon, Korea. pp. 82-89 (in Korean).
- Mullen, W., J. McGinn, M.E.J. Lean, M.R. Maclean, P. Gardner, G.G. Duthie, T. Yokota and A. Crozier. 2002. Ellagitannins, flavonoids, and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties. J. Agric. Food Chem. 50:5191-5196.
- NIAST. 2000. Method of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Korea (in Korean).
- Park, K.C., T.R. Kwon, K.S. Jang and Y.S. Kim. 2008. Short-term effects of cultivars and compost on soil microbial activities and diversities in red pepper field. Korean J. Environ. Agric. 27:139-144 (in Korean).
- Park, P.J. 2004. Studies on cultural technology, superior strain selection and biological activities of *Rubus coreanus* Miquel. Department of Agricultural Chemistry, Ph.D. Thesis, Wonkwang Univ. pp. 3-8 (in Korean).
- Park, P.J., S.C. Lo and S.S. Han. 2004. Control of disease, insect pest and weed cultivation area of *Rubus coreanus* Miquel. J. Life Sic. & Nat. Res. 26:56-67 (in Korean).
- Shin, J.S. and Y.H. Shin. 1975. Addition on the physicochemical properties of paddy soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 8:19-23 (in Korean).
- Yun, H.B., Y. Lee, C.Y. Yu, S.M. Lee, B.K. Hyun and Y.B. Lee. 2007. Effect of crude carbohydrate content in livestock manure compost on organic matter decomposition rate in upland soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 40:364-368 (in Korean).

(접수일 2011.4.5; 수정일 2011.7.25; 채택일 2011.8.15)