

Research Article



CrossMark

Open Access

## 'Beni Balad' 포도 비가림 재배에서 부숙유기질비료 및 Urea 토양 시용에 의한 암모니아 배출량 및 과실 품질

문영지<sup>1,2</sup>, 문병우<sup>1\*</sup>, 김민욱<sup>3</sup>

<sup>1</sup>엠·원예기술연구소, <sup>2</sup>경북대학교 농업생명과학대학 원예과학과, <sup>3</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 기후변화평가과

### Effects of Composted Organic Fertilizer and Urea Application to Soil on the Ammonia Emissions and Fruit Quality of 'Beni Balad' Grapevine in Rain Proof Cultivation

Young-Ji Moon<sup>1,2</sup>, Byung-Woo Moon<sup>1\*</sup> and Min-Wook Kim<sup>3</sup> (<sup>1</sup>M·Horticultural Technique Research Institute, Suwon 16642, Korea, <sup>2</sup>Department of Horticulture Science, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea, <sup>3</sup>Climate Change & Evaluation Division, Department of Agricultural Environment, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea)

Received: 10 December 2021/ Revised: 16 December 2021/ Accepted: 20 December 2021

Copyright © 2021 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### ORCID

Young-Ji Moon

<https://orcid.org/0000-0002-6360-7251>

Byung-Woo Moon

<https://orcid.org/0000-0002-3241-3964>

Min-Wook Kim

<https://orcid.org/0000-0001-8262-5909>

#### Abstract

**BACKGROUND:** Ammonia is a causative substance for the fine particulate matters (PM<sub>2.5</sub>) and generates dust through atmospheric reactions. Agricultural sector accounts for 79.3% of ammonia emissions in Korea. Urea and composted organic fertilizer (COF) are used in the soil for the purpose of supplying nutrients in grapevine orchards. This study was conducted to investigate estimates of ammonia emission and examine fruit quality from the rain proof cultivation of the 'Beni Balad', applied by urea and COF to the soil.

**METHODS AND RESULTS:** Urea, COF1, and COF2 were applied at the rates of 119, 135, and 271 kg ha<sup>-1</sup> respectively. Ammonia emission was measured using a dynamic flow-through method.

**CONCLUSION(S):** Ammonia emissions by urea and COF treatments to 'Beni Balad' soils under rain proof cultivation were calculated to be 2.63, 12.95, 2.05, and 3.97 kg

NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, respectively for the control, urea, COF1, and COF2. Urea soil application increased soluble solids, firmness, and anthocyanin content in fruits at harvest, and COF1 application increased the soluble solids and anthocyanin content. For all the treatments, acidity increased in the harvested fruits.

**Key words:** Ammonia emission, Composted organic fertilizer, Fruit quality, Grape, Urea

#### 서론

전세계적으로 산업발달과 환경변화로 인해 미세먼지에 대한 관심이 증가되고 있다. 미세먼지가 발생하는 요인으로 매연을 떠올리지만 암모니아도 미세먼지의 주된 발생 원인 중 하나이다. 암모니아는 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 생성 원인물질로 대기 중 반응을 통해 미세먼지를 발생시킨다[1,2]. 주목할 점은 국내 암모니아 배출량의 79.3%가 농업분야에서 발생하고 있다[NAPES, 2020]. 농업부분의 암모니아는 유기물질의 호기성 소화 과정에서 발생되며 가축분뇨의 소화과정, 유기질 퇴비, 식물체 잔존물이 소화되는 과정에서 발생한다. 유기물이 산소와 접촉해 발효되는 과정에서 암모니아가 생성되기

\*Corresponding author: Byung-Woo Moon  
Phone: +82-31-224-0688; FAX: +82-31-224-0688;  
E-mail: mbwapple@hamail.net

때문에 밭에 방치된 농작물 잔재 그리고 과수원에 살포되는 부산물비료 및 무기물비료도 암모니아를 발생시키는 원인 중 하나이다. 과일의 생산성 증대에 크게 기여한 Urea(요소)는 대표적인 질소질비료로 과수원에 사용하면 다양한 화학적 반응을 거쳐  $\text{NH}_3$ 가 휘산 한다. 토양에서 요소가 가수분해 되면서  $\text{NH}_4^+$  흡착,  $\text{NH}_3$ 와  $\text{H}^+$ 으로 해리되어 액상의  $\text{NH}_3$ 가 기상으로 이동하여 표토와 주변대기에서  $\text{NH}_3$  분압 차이에 의해  $\text{NH}_3$ 가 휘산 된다. 즉, 토양표면 경계층에서 가까운 주변 대기로  $\text{NH}_3$  기체가 발생된다[3]. 가축분뇨는 오래전부터 작물 생육에 매우 중요한 양분 공급원으로 활용되어 왔으며 부산물 퇴비 활용에 따라 자원 순환 및 환경친화적인 농업으로의 대체자원 개발 효과와 지속 가능성 증진에 중요한 역할을 하고 있다. 그러나, 가축분뇨에 따라 생산 퇴비의 영양물질 차이와 유출수 발생 및 암모니아 발생[3,12,16] 등의 환경적인 문제가 되고 있다[4]. 포도 과수원에서는 유기물 공급원으로 가축분이 포함된 부숙유기질비료를 사용하고 있고[13], 질소 공급원으로는 요소비료를 사용하고 있다. 요소와 부숙유기질비료 사용이 포도 과수원 표토 캐노피를 통과하여 대기로 배출되는  $\text{NH}_3$  배출량을 평가할 필요성이 있지만[5,6], 우리나라는 아직까지 암모니아 발생 저감에 대한 연구는 가축분 및 논밭 중심으로 이루어지고 있으며[14,15,17,18], 특히 포도재배에서 이들 사용에 의한 암모니아 배출량과 토양 화학성 및 과실품질에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서, 본 연구는 암모니아 배출량 인벤토리 구축을 위한 비가림 시설에 재배하는 포도 ‘Beni Balad’에서 요소 및부숙유기질비료 토양사용에 의한 시기별 암모니아 배출량을 산정하고, 수확기에 토양의 화학성과 과실품질에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시험 재료 및 처리

시험 장소는 전라북도 김제시 백구면 소재의 비가림시설 포도 과수원에서 2021년에 실시하였다. 품종은 ‘Beni Balad

(*Vitis labrusca*)’ 5년생(2.4 m × 2.0 m)을 대상으로 수행하였다. 시험 포장의 토성은 복토한 토양으로 사양토이며, 표토로부터 20~30 cm 부위의 pH는 6.4이었다. 치환성양이온은  $18 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 으로 적정수준보다 높았으며 유기물함량과 질소함량은 0.35%와 0.19%으로 낮은 편이었다. 본 시험에서 이용된 비료는 요소비료(질소 46%, 남해화학, Korea)와 부숙유기질비료(가축분퇴비, 유기물 30%, 용인축산업협동조합, Korea)를 이용하였다(Table 1). 시비량은 농촌진흥청 포도 시비량을 기준으로 하여 처리량을 결정하였고, 처리는 4월 7일에 요소비료를 질소 성분량으로 환산하여  $119 \text{ kg N ha}^{-1}$ , 부숙유기질비료를 질소 성분량으로 환산하여  $135 \text{ kg N ha}^{-1}$ , 부숙유기질비료  $271 \text{ kg N ha}^{-1}$ 를 수관 하부 2 m 반경을 기준으로 하여 토양 깊이 10 cm 부위에서 20 cm 부근에 전량 기비로 사용하였다. 시험구는 완전임의배치법 3반복으로 배치하였다.

### 암모니아 배출량 측정

암모니아 배출량 측정은 동적 챔버(Dynamic flow-through chamber method) 포집 방법을 사용하여 측정하였다(Fig. 1). 토양 chamber 재질은 PVC 소재로 부피가 9.8 L(직경 25 cm × H 20 cm)이고,  $\text{NH}_3$ 가스 포집을 위한 chamber는 포도나무를 중심으로 50 cm 부근에 설치하여(Fig. 1)  $\text{NH}_3$ 를 포집하였다. 포집에 사용된 용액은 0.1 N- $\text{H}_2\text{SO}_4$  30 mL으로 포집 시간은 1시간이었으며, 포집된 용액은 비색법(Nesslerization method)을 통해 spectrophotometer (UV mini 1240, Shimadzu, Japan) 425 nm 파장의 흡광도를 측정하여 환산하였다. 처리 전 당일과 처리(4월 7일) 후 7일간격으로 수확기까지 포집하였으며, Chamber내 온도는 수온온도계로 측정하였다(Fig. 2). 배출된  $\text{NH}_3$ 는 Eq. (1)과 같이 산정하였다[7].

$$f(\text{NH}_3) = V \times \text{conc.} \times 10^{-6} \times p\text{NH}_3 \times U_N \times U_a \times U_z \quad (1)$$

$f(\text{NH}_3)$ 는  $\text{NH}_3$  발생량( $\text{mg N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ),  $V$ 는 챔버 부피(L),  $\text{conc.}$ 는  $\text{NH}_3$  농도 (volum-ppm),  $p\text{NH}_3$ 는 온도에 따른 대기

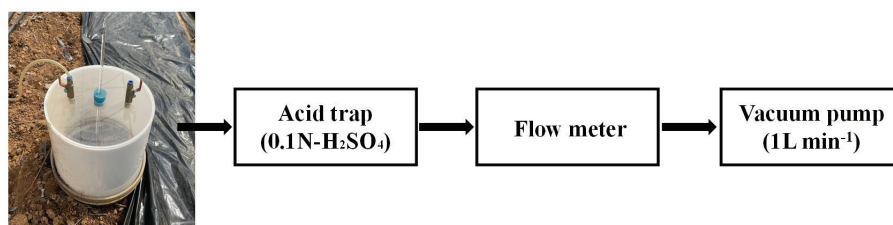


Fig. 1. Scheme of the installed chamber and measurement set-up for soil surface ammonia fluxes.

Table 1. Chemical properties of composted organic fertilizer (livestock manure) in experiment

pH (1:5)	OM (%)	EC ( $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ )	T-N (%)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (%)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (%)	$\text{P}_2\text{O}_5$ (%)	K ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Ca (%)	Mg (%)
8.86	33.63	21.0	0.92	0.21	0.21	1.37	0.97	1.07	0.38

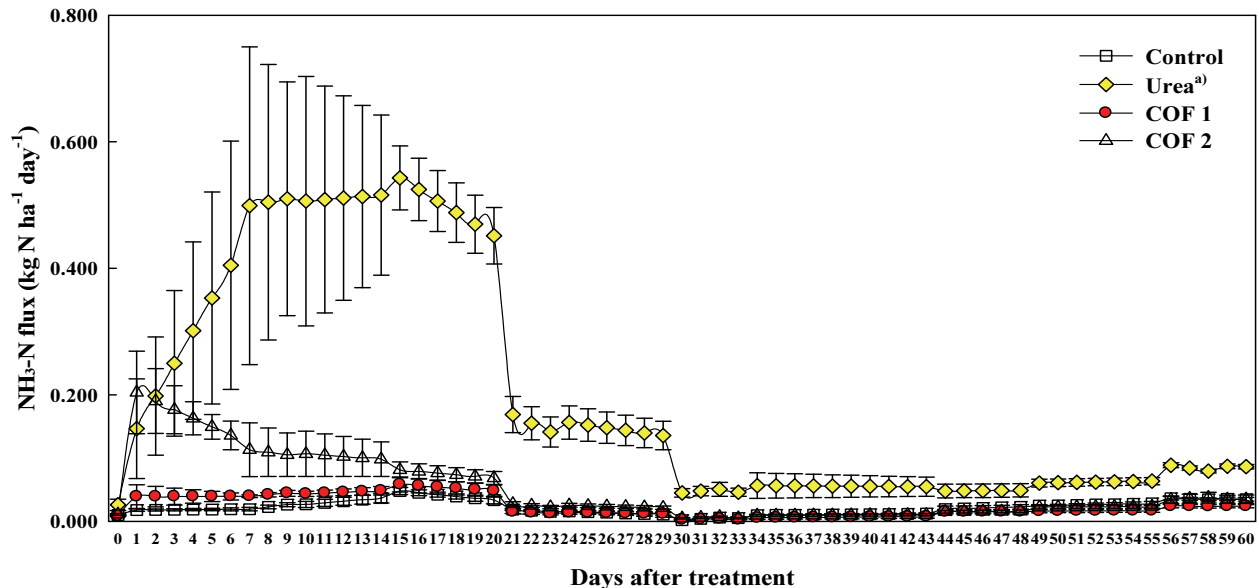


Fig. 2. Seasonal change of ammonia emissions from soil applied with urea and composted organic fertilizer (COF) in 'Beni Balad' grapevine for 60 days in 2021 year. \*Vertical bars denote standard errors of means ( $n = 3$ ). <sup>a)</sup> Urea(nitrogen active ingredients) 119, COF1 135 and COF2 271 kg N ha<sup>-1</sup> soil treatment were applied on the Apr 7 in 2021, respectively.

중  $\text{NH}_3$  밀도,  $U_N$ 은  $\text{NH}_3$ 에서  $\text{NH}_3\text{-N}$  변환 계수,  $U_a$ 는 면적 ( $\text{m}^2$ ),  $U_t$ 는 시간 변환 계수( $\text{h}^{-1}$ )이다. 포도 재배기간  $\text{NH}_3$  휘산이 측정되지 않은 값(측정 지점과 지점 사이는  $\text{NH}_3$  휘산량)은 직선보간법(linear interpolation)으로 계산하였고, 누적  $\text{NH}_3$  배출량은 일 계산된 값을 합하여 산정하였다.

#### 토양 및 엽병의 무기성분 분석

토양 및 엽병 분석은 농촌진흥청 분석법[RDA, 2000]에 준하여 수행하였다. 토양채취는 수확기에 지표로부터 15~30 cm 부위를 채취하였다. 토양 pH 및 EC는 토양과 물의 비율을 1:5로 희석하여 pH meter (FiveEasy plus FP30, Mettler Toledo, Switzerland)와 EC(FiveEasy plus FP20, Mettler Toledo, Switzerland)를 사용하여 측정하였다. 토양 유기물은 Tyurin법, 전질소(Total-N)는 Kjeldahl 법, 암모니아태 질소는 Indophenol-Blue 비색법으로 분석하였다. 유효인산은 Lancaster 법, 치환성 K, Ca, Mg, Na는 1N- $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (pH 7.0) 완충 용액으로 침출하여 ICP-OES(MX2, GBC, Australia)를 사용하여 측정하였다. 엽병 분석은 수확기에 신초 5엽 부근의 엽에서 엽신을 제거하고 빙초산 0.3%에 세척한 후 dry oven 70~80°C에서 7~10일간 건조한 다음 분쇄기로 20 mesh체를 통과하도록 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다. T-N(전질소)은 시료 500 mg에 진한  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12 mL을 첨가하고, 분해촉진제( $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$ ) 2알을 넣어 360°C에서 1시간 분해한 후 질소분석기 Kjeltac Auto 1035 analyzer (Foss Tecator, Hoganas, Sweden)로 측정하였다. K는 시료 500 mg에 ternary 용액( $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HClO}_4 = 10 : 1 : 4$ , v/v)을 10 mL 넣고 220°C에서 1시간 동안 분해한 후, 원자흡광분광광도계(AA-6710, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

#### 수체생장 및 과실품질 조사

수체 간주(trunk circumference) 조사는 지표면으로부터 10 cm 부위를 4월 7일(처리일), 4월 28일, 5월 26일, 6월 29일, 7월 28일 총 5회 측정하였다. 엽록소 지수 조사는 휴대용 엽록소 측정기(SPAD 502, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 신초 기부로부터 5엽 부위의 엽신 중앙부를 4월 28일, 5월 26일, 6월 29일, 7월 28일에 측정한 값을 나타내었다. 과실품질조사는 적숙기(8월 9일)에 실시하였으며, 과립 과피의 착색조사는 색차계(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 처리별로 반복당 6과방을 무작위로 선정하여 과방의 중앙부 과립에서 2지점에서 측정하여 평균치를 Hunter L, a, b 값으로 나타내었다. 과립의 경도는 과실통도계(FHM-1(KM-1), Takemura Co. Ltd, Tokyo, Japan)로 삼각형 probe를 이용하여 과립의 중앙부에서 2 지점을 측정하였다. 산 함량은 과즙 10 mL에 증류수 40 mL을 가한 용액을 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.1이 될 때까지 적정한 후 그 양을 주석산으로 환산하여 표시하였다. 과립 과피의 anthocyanin함량 분석은 수확시 조사하였으며 과방에서 무작위로 처리별 반복당 5 과립을 무작위로 선발하여, 과립의 직경 1.1 cm cork borer를 이용하여 1 과립당 2개의 disk를 만든 후, 과육을 제거한 시료 2 g을 MeOH과 HCl를 85:15(v/v)로 혼합하여 침출액 20 mL에 넣은 후, 암소에서 24시간 추출한 다음 spectrophotometer (UV mini 1240, Shimadzu, Japan)를 이용하여 530 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 값은 농촌진흥청의 분석방법[RDA, 2000]으로 환산하였다.

#### 통계분석

통계분석은 SPSS 프로그램(IBM SPSS Statistics 26,

SPSS Inc., Armonk, NY, USA)을 이용하여 ANOVA 결과 분석 후 항목별로 Duncan 다중검정으로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 암모니아 발생량 산정

포도 'Beni Balad' 비가림 재배에서 Urea (질소성분량: 119 kg N ha<sup>-1</sup>) 및 부숙유기질비료(COF1 질소성분량: 135 kg N ha<sup>-1</sup>, COF2: 271 kg N ha<sup>-1</sup>)를 토양 시용한 후 60일까지 토양 표면부터 배출되는 암모니아의 발생량은 Fig. 2와 같다. 암모니아는 Urea 및 부숙유기질비료 처리 직후부터 배출되기 시작하여 처리 후 30일까지 대부분 배출되었다. Urea 처리는 처리 후 점점 증가하기 시작하여 처리 후 15일 후에는 최대 배출량(0.5430 kg N ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>)을 나타내었으나, 그 이후는 점차 감소하여 하였다. 부숙유기질비료(COF2)는 처리 후 2일 후에 최대 배출량(0.2037 kg N ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>)을 나타내었고, 그 이후에는 점차 감소하여 미미하였다. COF1 처리는 처리 후 15일 후에 최대 배출량(0.0582 kg N ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>)을 나타내었으나, 60일 동안 무처리와 큰 차이는 없었다. 또한 Urea와 COF2 처리를 비교해보면(Fig. 2), 처리 후 2일까지 암모니아 배출량은 차이가 없었으나 3일째부터 COF2 처리는 점차 감소하기 시작하였고 Urea는 점점 더 증가하는 경향을 보였다. 또한 부숙유기질비료 처리 간에는 COF1 보다 COF2 처리가 처리 후 14일까지는 훨씬 배출량이 많았으며 그 이후는 미미한 차이를 보였다. Table 2는 처리 후 140일 동안 누적 배출량으로 Urea 처리가 13.0 kg NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup>으로 유의하게 암모니아 배출량이 많았다. COF1은 2.1 kg NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup>, COF2는 4.0 kg NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup>으로 부숙유기질비료 처리 간에는 차이가 없었다. Urea는 부숙유기질비료보다 처리 후 140일 동안 누적 배출량이 가장 많았다. Urea 처리의 암모니아 배출은 처리 후 30일에 90% 이상이 이루어졌으며, COF2 처리는 20일에 이루어졌다. Ku[5]는 고추재배에서 가축분퇴비와 요소를 기비시 총 휘산량은 95% 이상이 20일까지 발생하였다고 하여 COF 처리의 결과와 일부 일치하였다. Hong 등[8]은 시설채소 잎 뜸 재배에서 퇴비종류별 암모니아 발생은 우분 25.5 kg ha<sup>-1</sup>, 돈분 22.8 kg ha<sup>-1</sup>, 계분 85.2 kg ha<sup>-1</sup> 배출됨을 확인하였으며, 배출계수는 각각 우분퇴비가 70 kg NH<sub>3</sub>-N ton<sup>-1</sup>, 돈분퇴비가 62.8 kg NH<sub>3</sub>-N ton<sup>-1</sup>, 계분퇴비가 234.1 kg NH<sub>3</sub>-N ton<sup>-1</sup>으로 산정하였다. Choi 등[9]은 복합비료 투입에 의한 누적 암모니아 배출량은 투입 후 10일 동안 가장 활발하게 일어나고 배출계수는 74.3 kg NH<sub>3</sub>-N ton<sup>-1</sup>으로 현행 CAPSS(대기정확지원시스템)의 복합비료 배출계수인 74.3 kg NH<sub>3</sub>-N ton<sup>-1</sup>과 유사한 수준이나 온도 보정을 하면 52.2 kg NH<sub>3</sub>-N ton<sup>-1</sup> 라고 하였다. 본 시험의 결과와 관련시켜볼 때, Urea는 질소함량이 46%이고, 부숙유기질비료는 돈분 40%, 계분 20%, 우분 10%, 톱밥 40%로 배합되어 질소함량이 0.92% 함유되어 있다. Urea(질소성분량) 시용량이 부숙유기질비료 시용량보다 더 적었음에도 불구하고 높은 이유는 비중에 따라 질소 성분량이 다르고 부숙유기질비료는

Table 2. Ammonia emissions for 140 days as affected by soil treatment of urea and composted organic fertilizers (COF) in 'Beni Balad' grapevine

Treatment <sup>a)</sup>	Accumulated amount of NH <sub>3</sub> emission (kg NH <sub>3</sub> -N ha <sup>-1</sup> season <sup>-1</sup> )
Control	2.6 b <sup>b)</sup>
Urea	13.0 a
COF 1	2.1 b
COF 2	4.0 b

<sup>a)</sup> Urea 119 (nitrogen active ingredients), COF1 135 and COF2 271 kg N ha<sup>-1</sup> soil treatment were applied on the Apr 7 in 2021, respectively.

<sup>b)</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

유기물이 30% 함유되어 있어 이로 인하여 토양내에서 암모니아 배출량이 적은 것으로 판단되었다. David 등[10]은 부산물비료 및 무기질비료 시료로 인해 NH<sub>3</sub> 기체 발생이 증가한다고 하여 본 시험의 결과와 부분적으로 일치하였다. 그러나 시험에 사용된 비료의 질소함량과 과중에 따라 암모니아 발생량에 차이가 있을 것으로 판단되어 좀더 정밀한 연구가 필요하였다. 따라서 포도 'Beni Balad'에서 Urea 및 부숙유기질비료 처리에 의한 암모니아 배출량 산정에 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

### 토양 및 엽병의 무기성분 농도

Urea 및 COF 토양시용에 따른 수확 시 토양의 pH, EC, 유기물(OM), 전질소(T-N), 질산태질소(Nitrate nitrogen) 함량은 처리간 차이가 없었으나, 암모니아태 질소(Ammonia nitrogen)는 COF2 처리에서 높았다(Fig. 3). 유효인산(P), 치환성칼륨(K), 치환성칼슘(Ca) 함량은 처리간 차이가 없었으나, 치환성마그네슘(Mg), 치환성나트륨(Na)은 Urea 및 COF1 처리구에서 유의하게 낮은 결과를 나타내었다(Table 3, Fig. 3). 이와 같은 결과는 Urea 및 부숙유기질비료 시용에의하여 무처리보다 수체로 흡수량이 많아 나타난 결과로 추측되나, 어떤 성분이 영향을 주는 것인지 세밀한 연구가 필요하였다. 수확 시 엽병의 무기성분 농도를 보면(Table 4), T-N 농도는 COF2 처리에서 감소하였고 COF1과 비교할 때 0.1%나 감소하였다. P와 K 농도는 COF1 처리에서 증가하였으나 Ca와 Mg 농도는 차이가 없었다. Kang 등[11]은 포도 'Campbell Early'에서 질소 관비시 토양내 질산태 질소함량은 질소 관비 수준이 높아짐에 따라 다소 증가하는 경향이 있었으나 전체적으로 경향은 낮았다고 하였고 관비량이 많아 집에 따라 엽내 질소함량은 높아졌다고 하였다. 그러나 본 시험에서는 질소함량의 차이가 없어 상반되는 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 토양 시용 비료의 종류에 따라 차이가 있는 것으로 판단되었다.

### 생장량 및 과실품질

Urea 및 부숙유기질비료 토양시용에 의한 수확기별 간주

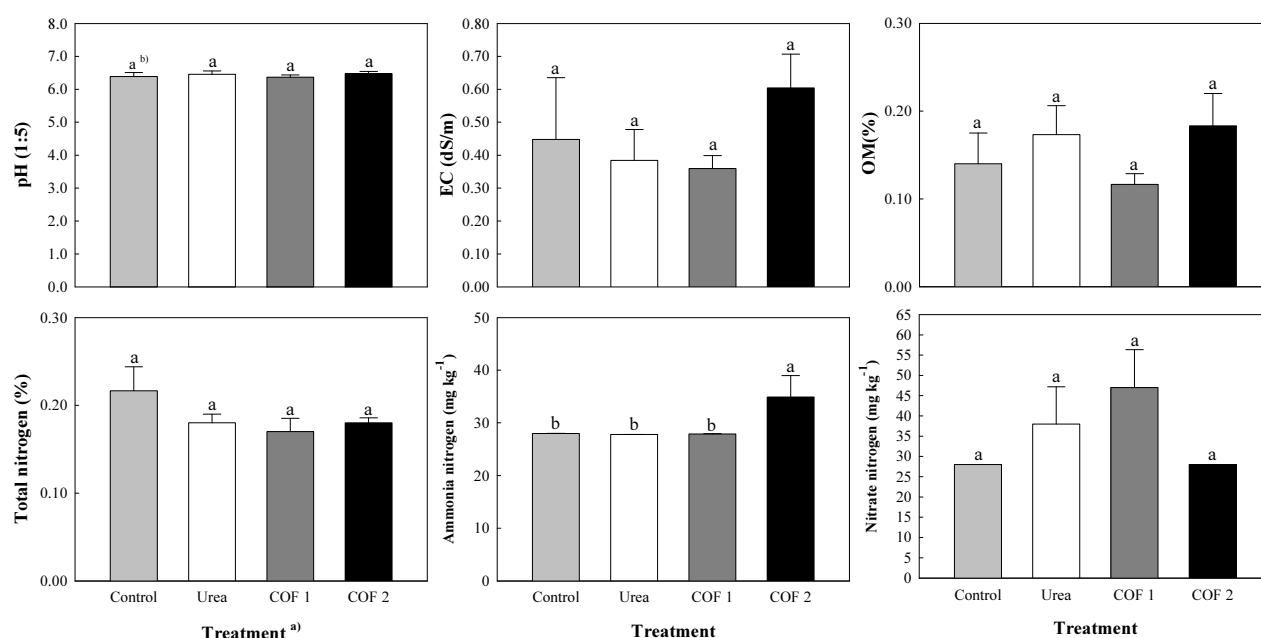


**Table 3. Effects of soil treatment of urea and composted organic fertilizer (COF) on mineral nutrition contents of 'Beni Balad' grapevine orchard soil at harvest**

Treatment <sup>a)</sup>	Av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex. cations (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )			
		K	Ca	Mg	Na
Control	852 a <sup>b)</sup>	2.25 a	10.48 a	4.38 a	1.60 a
Urea	797 a	2.30 a	8.40 a	3.47 b	0.83 b
COF1	772 a	2.46 a	8.94 a	3.49 b	0.89 b
COF2	759 a	1.77 a	9.19 a	3.77 ab	1.33 ab

<sup>a)</sup> Urea 119 (nitrogen active ingredients), COF1 135 and COF2 271 kg N ha<sup>-1</sup> soil treatment were applied on the Apr 7 in 2021, respectively.

<sup>b)</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

**Fig. 3. Effects of soil treatment of urea and composted organic fertilizer (COF) on pH, EC, OM, and total nitrogen contents of 'Beni Balad' grapevine orchard soil at harvest.**

<sup>a)</sup> Urea 119 (nitrogen active ingredients), COF1 135 and COF2 271 kg N ha<sup>-1</sup> soil treatment were applied on the Apr 7 in 2021, respectively. <sup>b)</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

**Table 4. Effects of soil treatment of urea and composted organic fertilizer (COF) on mineral nutrition concentration of leaf stalk of 'Beni Balad' grapevine at harvest**

Treatment <sup>a)</sup>	T-N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Control	0.21 ab <sup>b)</sup>	0.64 ab	1.49 ab	1.15 a	0.65 a
Urea	0.23 ab	0.30 b	1.16 b	1.21 a	0.67 a
COF 1	0.27 a	0.69 a	1.77 a	1.50 a	0.68 a
COF 2	0.17 b	0.43 ab	1.35 ab	1.38 a	0.66 a

<sup>a)</sup> Urea 119 (nitrogen active ingredients), COF1 135 and COF2 271 kg N ha<sup>-1</sup> soil treatment were applied on the Apr 7 in 2021, respectively.

<sup>b)</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

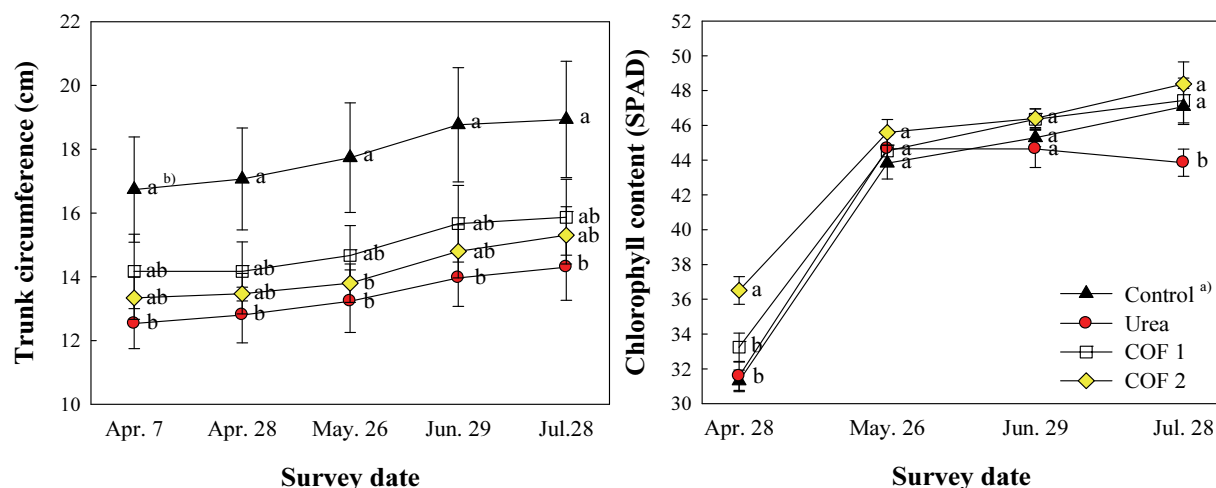


Fig. 4. Seasonal changes of trunk circumference and chlorophyll contents (SPAD) as affected by soil treatment of urea and composted organic fertilizer (COF) in 'Beni Balad' grapevine.

<sup>a)</sup> Urea 119 (nitrogen active ingredients), COF1 135 and COF2 271 kg N ha<sup>-1</sup> soil treatment were applied on the Apr 7 in 2021, respectively. <sup>b)</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 5. Effects of soil treatment of urea and composted organic fertilizer (COF) on fruit quality at harvest in 'Beni Balad' grapevine

Treatment <sup>a)</sup>	Fruit weight (g)	Fruit cluster (cm)		Fruit firmness (▽/kg)	Hunter value			SSC (°Bx)	Acidity (%)
		Length	Diameter		L	a	b		
Control	630a <sup>b)</sup>	19.9a	15.3ab	0.54b	26.9a	6.2a	0.2a	18.2b	0.21b
Urea	630a	20.1a	14.4b	0.61a	27.2a	6.9a	0.6a	19.0a	0.24a
COF 1	629a	19.7a	16.9a	0.59ab	27.9a	11.6a	0.5a	19.2a	0.25a
COF 2	619a	20.3a	14.4b	0.57ab	29.0a	5.1a	1.1a	18.7b	0.25a

<sup>a)</sup> Urea 119 (nitrogen active ingredients), COF1 135 and COF2 271 kg N ha<sup>-1</sup> soil treatment were applied on the Apr 7 in 2021, respectively.

<sup>b)</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

생장량 차이는 무처리에 비하여 Urea 처리는 비대량이 감소하였으나, COF1 및 COF2 처리와는 차이가 없었다(Fig. 4). 엽의 SPAD 지수값은 처리 21일 후에는 다른 처리보다 COF2 처리가 유의하게 증가하였고, 29일 및 60일 후에는 처리간 차이가 없었으며 수확시에는 Urea 처리가 오히려 감소하였다(Fig. 4). 처리별 과실품질 조사는 Table 5와 같다. 과중, 과방의 크기 및 착색(Hunter L, a, b 값)에는 차이가 없었으나, 과립의 경도는 Urea 처리에서 증가하였으며, 가용성고형물은 Urea 및 COF1 처리에서 0.8~1.0 °Bx 증가하였다. 산 함량은 무처리에 비해 전 처리 모두 증가하는 결과를 나타내었다. 처리별 수확 시 과피의 anthocyanin 함량은 Urea 및 COF1 처리에서 현저하게 높았다(Fig. 5). Kang 등[11]은 'Campbell Early'에서 질소 관비시 관비량이 많아 집에 따라 엽중 SPAD 지수값은 높았으며 신초장은 유의성은 나타나지 않았지만 신초경은 다소 증가하는 경향을 나타내었으나 과실품질에는 차이가 없다고 하였다. 그러나 포도에서 과실품질 결정에 중요한 가용성고형물, 과립 경도 및 anthocyanin 함량은 Urea 처

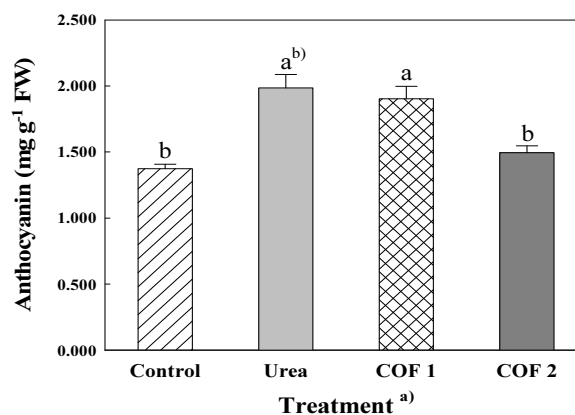


Fig. 5. Anthocyanin contents in fruit skin at harvest as affected by soil treatment of urea and composted organic fertilizer (COF) of 'Beni Balad' grapevine.

<sup>a)</sup> Urea 119 (nitrogen active ingredients), COF1 135 and COF2 271 kg N ha<sup>-1</sup> soil treatment were applied on the Apr 7 in 2021, respectively. <sup>b)</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

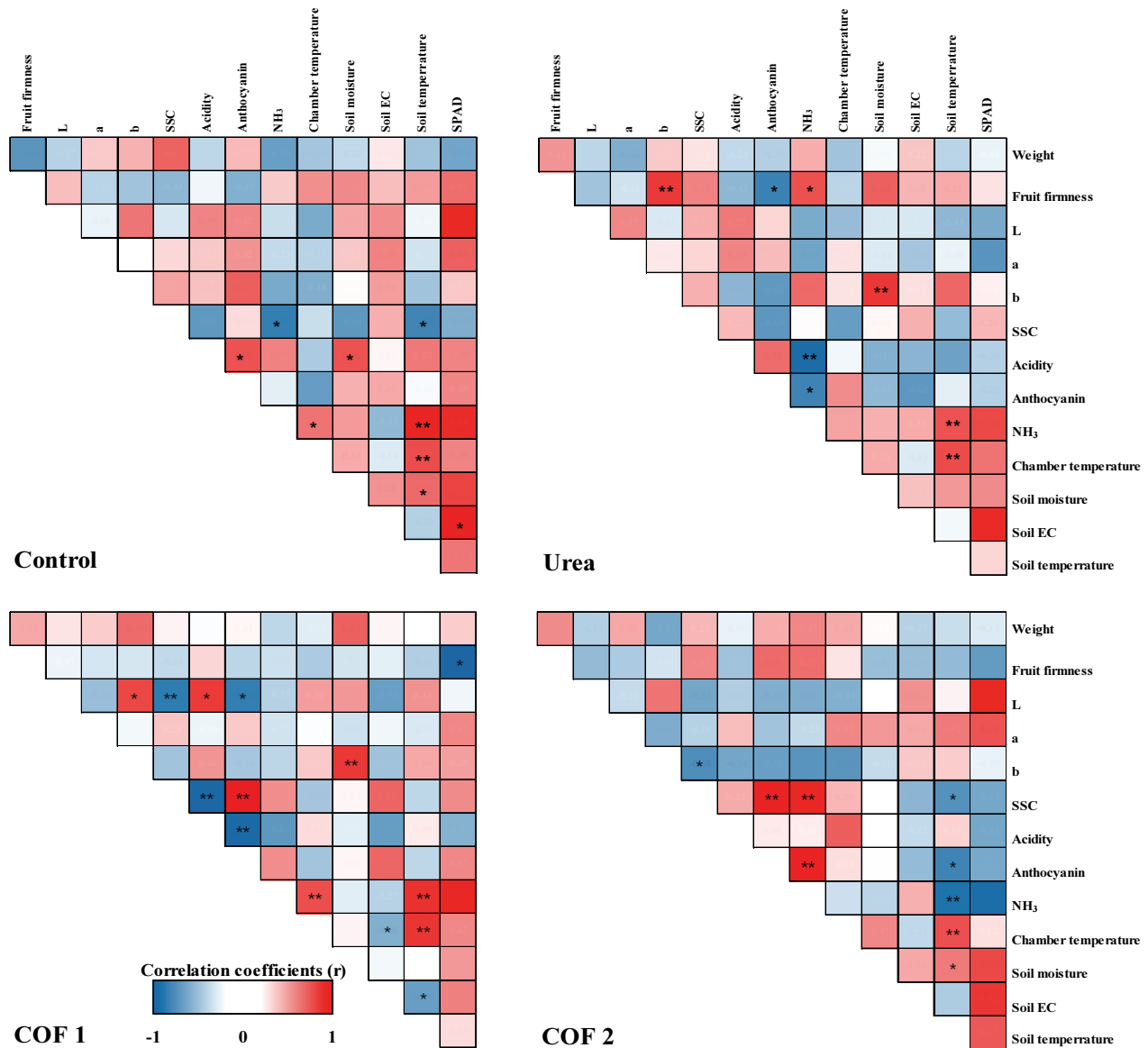


Fig. 6. Correlation coefficients( $r$ ) between ammonia emissions and soil condition, fruit quality at harvest as affected by soil treatment of urea and composted organic fertilizer (COF) of 'Beni Balad' grapevine. Asterisks (\*) or (\*\*) indicate statistically significant correlation at  $p < 0.05$  or  $0.01$ , respectively. L, a, b : Hunter value, SSC : soluble solid content.

리에서 증가하여 본 시험의 결과와 상반된 결과를 나타내었다. 이는 Urea (질소성분량:  $119 \text{ kg N ha}^{-1}$ )를 토양시용으로 인하여 토양내에서 일부는 암모니아 가스로 배출되고 일부는 흡수되어 수체 생장에 이용되는데 그 양이 부족하여 나타난 결과로 판단되었다. 또한 비중, 시비방법, 질소 시비량, 품종 등에 따라 차이가 있는 것으로 추측할 수 있었다.

#### 상관관계 분석

'Beni Balad'에서 Urea 및 부숙유기질비료(COF) 토양시용에 의한 암모니아 발생량과 과수원의 환경, 과실품질과의 상관관계는 Fig. 6과 같다. 처리별 암모니아 발생량과 암모니아 포집 chamber내 온도와의 상관관계를 살펴보면 무처리구 경우 정의 상관 ( $r = 0.55^*$ )을 보였으나, COF1 처리구의

경우는  $r = 0.72^{**}$ 로 상관관계가 높았다. 그리고 토양 온도와 상관관계는 무처리구 경우  $r = 0.95^{**}$ , Urea 처리구  $r = 0.69^{**}$  및 COF1 처리구는  $r = 0.85^{**}$ 로 높은 정의 상관을 보였으나, COF2 처리구는  $r = -0.87^{**}$ 로 부의 상관관계를 보여 오히려 낮았다. 이는 Urea 및 부숙유기질비료 토양시용은 암모니아 포집 chamber내 온도 및 토양온도가 암모니아 발생량과 상관관계를 보여 토양 시용에 의해 온도 상승에 영향을 주어 암모니아 발생량에 차이가 있는 것으로 판단되었다. 처리별 암모니아 발생량과 가용성고형물과의 상관관계를 보면 무처리구에서 부의 상관관계 ( $r = -0.78^*$ )을 보였으나, COF2 처리구는  $r = 0.92^{**}$ 로 상관관계가 높았다. 과립경도와 상관관계는 Urea 처리구에서 정의 상관( $r = 0.70^*$ )을 보였고, 산 함량과 상관관계는 Urea 처리구는 부의 상관( $r = -0.80^{**}$ )을 나타내었다. Anthocyanin

함량과 상관관계는 Urea 처리구는 부의 상관( $r=-0.90^*$ )을 나타내었으나, COF2 처리구는  $r=0.95^{**}$ 로 상관관계가 높았다.

따라서, 이상의 결과를 종합해 보면, ‘Beni Balad’ 포도에 Urea 및 부숙유기질비료 토양 시용할 경우 암모니아 배출량 산정으로 암모니아 발생 저감에 기초자료가 될 것으로 판단되었다. 또한, 질소가 부족한 토양에서 Urea 및 부숙유기질비료 토양 시용은 과방의 가용성고형물 및 Anthocyanin 함량 증가에 유용한 방법이라고 판단되었다.

## 요 약

비가림 시설에서 ‘Beni Balad’ 포도재배 시 부숙유기질비료 및 Urea를 토양 시용에 의한 암모니아 배출량 산정과 과실품질에 미치는 영향은 다음과 같다. Urea는 처리 1일째부터 암모니아 배출량이 급격히 증가하기 시작하여 15일째에 peak를 이루다가 점차 감소하였으며 그 이후에는 다른 처리와 큰 차이는 없었다. COF2 처리는 처리 후 1일째 peak를 보이다가 점차 감소하였으며, 그 이후는 대조구와 비슷한 발생량을 나타내었다. COF1 처리는 1일째 증가하여 완만한 곡선을 이루다가 15일째에 peak를 이루고 점차 감소하여 그 이후 대조구와 비슷하였다. 140일간 암모니아 누적 배출량은 대조구 2.63, Urea 12.95, COF1 2.05, COF2 3.97 kg NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> 이었다. 토양내 무기성분 함량이 COF2에서 암모니아태 질소는 유의하게 높았으며 수확시 엽병의 T-N 농도는 COF1 처리보다 COF2 처리가 0.1% 감소하였다. P와 K 농도는 COF1 처리로 인하여 증가하였으나 Ca와 Mg 농도는 차이가 없었다. 과실품질은 Urea 처리는 과피의 경도, 가용성고형물 및 안토시아닌 함량은 증가하였고, COF1 처리는 가용성고형물 및 안토시아닌 함량은 증가하였으며, 산 함량은 전 처리 모두 증가하였다. 그러나 과중, 과방크기, Hunter L, a, b값에는 차이가 없었다. 이상의 결과는 포도나무 Beni Balad 품종에서 Urea, 부숙유기질비료의 토양 시용 시 암모니아 배출량 산정에 기초자료가 될 것으로 판단되었다.

## Note

The authors declare no conflict of interest.

## Acknowledgement

This study was supported by a grant from the Agenda Program (PJ0150602021), Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

1. Cho BS, Song MJ (2017) Distributions and origins of PM10 in Jeollabuk-do from 2010 to 2015. *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 33(3), 251-264. <https://doi.org/10.5572/KOSAE.2017.33.3.251>.
2. Kim MW, Kim JH, Kim KS, Hong SC (2021) Study on the emission characteristics of air pollutants from agricultural area. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 40(3), 211-218. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2021.40.3.25>.
3. Singh R, Nye PH (1986) A model of ammonia volatilization from applied urea. 1. development of the model. *European Journal of Soil Science*, 37(1), 9-20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1986.tb00002.x>.
4. Ahn JH, Song IH, Kang MS (2013). Correlation between raw materials and chemical contents of livestock compost. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 55(2), 37-45. <https://doi.org/10.5389/KSAE.2013.55.2.037>.
5. Ku HH (2020) Measurement of soil surface and plant canopy ammonia fluxes in red pepper field using dynamic chamber method. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 53(4), 643-649. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2020.53.4.643>.
6. Schjoerring JK (1995) Long-Term quantification of ammonia exchange between agricultural cropland and the atmosphere. I. evaluation of a new method based on passive flux samplers in gradient configuration. *Atmospheric Environment*, 29(8), 885-893. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(95\)00020-Y](https://doi.org/10.1016/1352-2310(95)00020-Y).
7. Andreas P, Guixin C, Rolf N, Jorg R, Xiaohui F, Zhaoliang Z, Marco R (2006) Calibration of a simple method for determining ammonia volatilization in the field-comparative measurements in Henan Province, China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 74(3), 259-273. <https://doi.org/10.1007/s10705-006-9003-4>.
8. Hong SC, Kim JH, Kim MW (2021) Estimation of ammonia emission with compost application in plastic house for leafy perilla cultivation. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 40(3), 149-160. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2021.40.3.18>.
9. Choi HM, Hyun JG, Kim YJ, Yoo GY (2019) Improvement of ammonia emission inventory estimation methodology for fertilizer application in the agricultural sector. *Journal of Climate Change Research*, 10, 237-242. <https://doi.org/10.15531/KSCCR.2019.10.3.237>.
10. David M, Loubet B, Cellier P, Mattsson M, Schjoerring JK, Nemitz E, Roche R, Riedo M, Sutton MA (2009) Ammonia sources and sinks in an intensively managed grassland canopy. *Biogeosciences*, 6(9), 1903-1915. <https://doi.org/10.5194/bg-6-1903-2009>.
11. Kang SB, Lee IB, Lim TJ, Park JM (2010) Effect of nitrogen fertigation by soil testing on the growth and



- yield of 'Campbell Early' (*Vitis labrusca* L.) grapevine in field cultivation. Korean Journal of Environmental Agriculture, 29(1), 12-19. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2010.29.1.012>.
12. Kim MS, Koo NM, Kim JG (2020) A comparative study on ammonia emission inventory in livestock manure compost application through a foreign case study. Korean Journal of Environmental Biology, 38 (1), 71-81. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2020.38.1.071>.
13. Beusen A, Bouwman A, Heuberger P, Van Dreht G, Van Der Hoek K (2008) Bottom-up uncertainty estimates of global ammonia emissions from global agricultural production systems. Atmospheric Environment. 42(24), 6067-6077. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.03.044>.
14. Park SY, Choi HY, Kang YG, Park SJ, Luyima D, Lee JH, Oh TK (2020) Evaluation of ammonia (NH<sub>3</sub>) emissions from soil amended with rice hull biochar. Korean Journal of Agricultural Science, 47(4), 1049-1056. <https://doi.org/10.7744/KJOAS.20200088>.
15. Park JH, Park SJ, Seo YJ, Kwon OH, Choi SY, Park SD, Kim (2014) Effect of mixed treatment of urea fertilizer and zeolite on nitrous oxide and ammonia emission in upland soil. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 47(5), 368-373. <https://dx.doi.org/10.7745/KJSSF.2014.47.5.368>.
16. Kim KY, Choi HL, Ko HJ, Kim CN (2006) Estimation of ammonia emission during composting livestock manure based on the degree of compost maturity. J Anim Sci & Technol (Kor), 48(1), 123-130.
17. Jang YK, Jung BJ, Kim J, Song KB, Kim HJ, Yoo HY (2010) Assessment of odor characterization and odor unit from livestock facilities by animals. Journal of Environmental Impact Assessment, 19(1), 29-38.
18. Lee SL, Lee JH, Park JH, Hwang SW, Seo DC (2020) Characteristics of ammonia gas emission from soybean cultivation soil with biochar, fly ash and microorganisms. Korean J Soil Sci Fert, 53(4), 528-537. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2020.53.4.528>.