

어젠다코드	1-1-2		구 분	완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	E01	작목구분코드	CR-01-CR12
과제종류	기관고유		세세부사업		
연구과제 및 세부과제			수행기간	과제책임자 및 세부책임자	
농경지 온실가스 배출량 저감기술 개발			'12 ~ '14	환경농업연구과	허수정
밭작물 아산화질소 배출량 저감기술 개발			'12 ~ '14	환경농업연구과	허수정
색인용어	농경지, 콩, 옥수수, 감자, 아산화질소, 배출량, 저감기술				

ABSTRACT

This study was carried out to find way for reduce greenhouse gases emissions from agricultural field by measuring nitrous oxide emissions from crop cultivation land. The nitrous oxide emissions from soybean(*Glycine max*), maize(*Zea may*) and potato (*Solanum tuberosum*) were investigated after chemical fertilizers, hairy vetch, calcareous fertilizer, bio-char treatment. Nitrous oxide emissions from hairy vetch treatment was 0.46kg N₂O/ha in soybean cultivation. The bio-char treatment was 0.54kg N₂O/ha in potato. Hairy vetch and bio-char treatment has been able to effectively reduce nitrous oxide emissions without affecting the value of quantities.

1. 연구목표

대기 중의 아산화질소(N₂O)의 농도는 매년 0.2~0.3%씩 증가하고 있고, 우리나라는 2009년 12월 코펜하겐에서 2020년까지 온실가스 30% 감축 목표를 발표하였고, 농업분야의 비에너지 부문에서는 18.9백만톤으로 감축하도록 할당되었다. 우리나라 농업부분 온실가스 배출량은 전체 배출량의 29.7%를 차지하며, 농경지에 질소질 비료와 가축분뇨 퇴액비를 시용했을 때 토양미생물이 질산화과정과 탈질과정을 일으키는 동안 아산화질소가 발생하는 것으로 알려져 있다. 농경지에서의 아산화질소 발생량은 질소 시비량, 토양 유기물 함량, 토양 산도, 토성, 작물의 종류, 양분원의 종류 등에 따라 다르다(Stehfest, 2008). 밭에서 배출되는 아산화질소는 5.9백만톤(2009)이고, 농경지 온실가스 감축방법으로는 작기조절, 무경운, 질산화억제제 시용, 토성개량 등이 제시되어 있으나, 실용화하기 쉬운 방법의 개발 보급이 필요하다.

본 연구에서는 질소질 비료 종류와 시용량에 따른 아산화질소 배출량을 측정하여, 밭작물 재배 시 아산화질소 배출량을 저감할 수 있는 비료 시용방법을 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

농업기술원 춘천 포장에서 2012년 콩(*Glycine max*), 2013년 옥수수(*Zea may*), 2014년 감자(*Solanum tuberosum*)를 재배하면서 온실가스 시료를 채취하여 분석하였다. 비료종류와 사용량에 따른 온실가스 발생량을 측정하기 위해 각각의 작물 재배 시 처리는 표 1과 같다.

표 1. 작물재배 시 비료 처리내용

작물명	처리 1	처리 2	처리 3	처리 4	처리 5	처리 6
콩	화학비료	복합비료	석회질비료 +화학비료	헤어리베치	헤어리베치+ 질소1/2	무비
옥수수	화학비료	바이오숯 +질소1/2	완효성비료	헤어리베치	헤어리베치+ 질소1/2	무비
감자	화학비료	바이오숯 +질소1/2	완효성비료	헤어리베치	헤어리베치+ 질소1/2	무비

온실가스 연구에서 일반적으로 사용되고 있는 챔버법(그림 1)을 이용하였으며 아산화질소의 시료를 채취하였으며(Kim 등, 2006; Kim 등, 2008; Saggar 등, 2009; Kim 등, 2010; Seo 등, 2012; Yang 등 2012a; Yang 등 2012b; 강원도원 2013), 시료 채취기간은 주 1~2회 간격이었다.

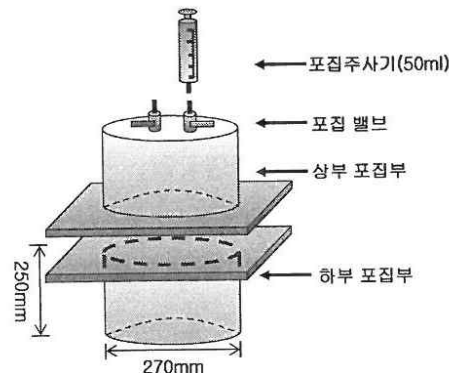


그림 1. 온실가스 포집장치

아산화질소 분석은 전자포획검출기(ECD)를 장착한 가스크로마토그래프(Varian GC 450, USA)를 이용하였고(Seo 등, 2012), 아래의 식을 이용하여 배출량을 계산하였다(Shin 등, 2003; Kim 등, 2008; Kim 등, 2010; Seo 등, 2012).

$$F = \rho \cdot V \cdot A^{-1} \cdot \Delta c \cdot \Delta t^{-1} \cdot 273 \cdot T^{-1}$$

여기에서 F는 아산화질소 배출량($\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$)이며, ρ 는 아산화질소 밀도인 1.96 mg m^{-3} 이고, V와 A는 각각 챔버의 체적(m^3)과 면적(m^2)이며, $\Delta c \cdot \Delta t^{-1}$ 는 챔버 내에서의 시간당 아산화질소 농도의 평균 증가량이고, T는 챔버 내 평균 온도($^{\circ}\text{C}$)에 273을 더한 값이다.

3. 결과 및 고찰

밭에서의 비료사용 후 온실가스 발생량을 측정한 결과 그림 2와 같이 사용 후 1주일 정도 발생량이 급격히 증가한 후 감소하여 3주가 지나면 하루 발생량이 안정적인 양상을 나타냈다.

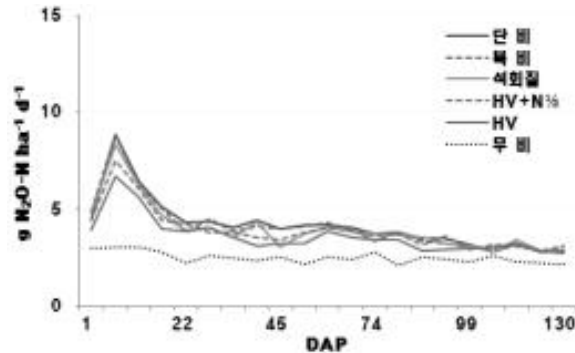


그림 2. 콩 재배 시 처리별 아산화질소 배출양상

콩 재배기간 중 처리별 아산화질소 발생량을 보면, 단비 0.52 kg N₂O-N/ha, 복비 0.51, 석회질비료 0.50, 헤어리베치 0.46순이었고(그림 3), 콩 수량은 그림 3에서 보는 바와 같이 헤어리베치 처리 시 가장 높은 것으로 나타나 콩 재배 시에는 헤어리베치를 질소비료로 사용하는 것이 아산화질소 발생량을 줄일 수 있는 효과적인 방법으로 사료된다.

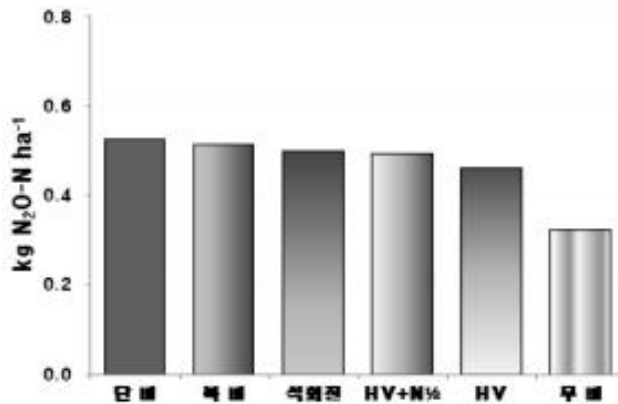


그림 3. 콩 재배 시 처리별 아산화질소 배출량

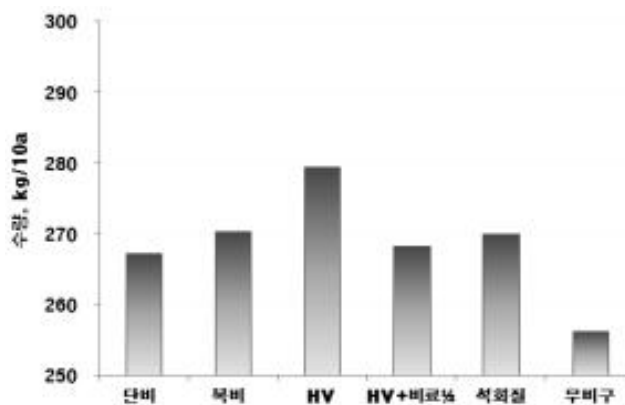


그림 4. 비료종류에 따른 콩 수량

옥수수 재배기간 중 처리별 아산화질소 발생량을 보면, 관행 화학비료 2.67 kg N₂O-N/ha, 완효비료 1.25, 헤어리베치 0.98, 바이오숯 0.83순이었고(그림 5), 옥수수 수량은 그림 6에서 보는 바와 같이 화학비료 처리구에서 가장 높은 것으로 나타나 다비작물인 옥수수는 수량을 보전하면서 아산화질소 배출량을 줄일 수 있는 방법에 대한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

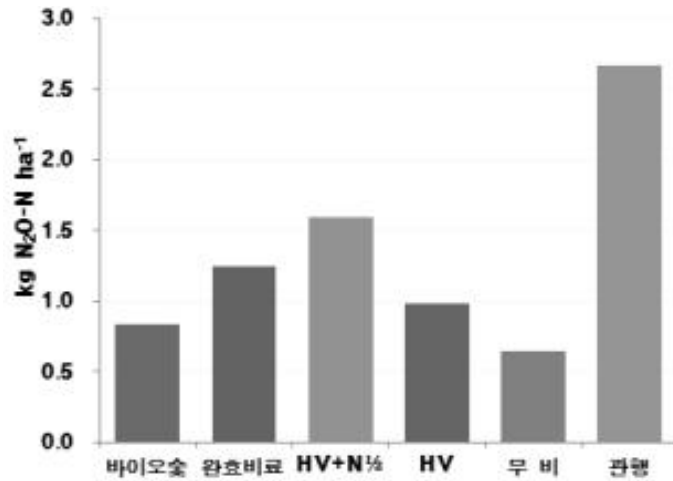


그림 5. 옥수수 재배 시 처리별 아산화질소 배출량

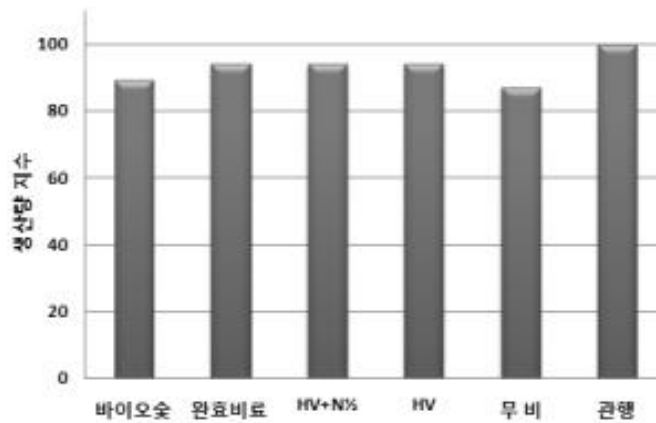


그림 6. 비료종류에 따른 옥수수 수량

감자 재배기간 중 처리별 아산화질소 발생량을 보면, 관행 화학비료 1.45 kg N₂O-N/ha, 완효비료 0.86, 헤어리베치 0.82, 바이오숯 0.54순이었고(그림 7), 감자 수량은 표 2에서 보는 바와 같이 바이오숯 처리 시 상서지수가 관행 처리구보다 높아 감자를 재배할 때 아산화질소 배출량을 줄일 수 있는 효과적인 방법으로 사료된다.

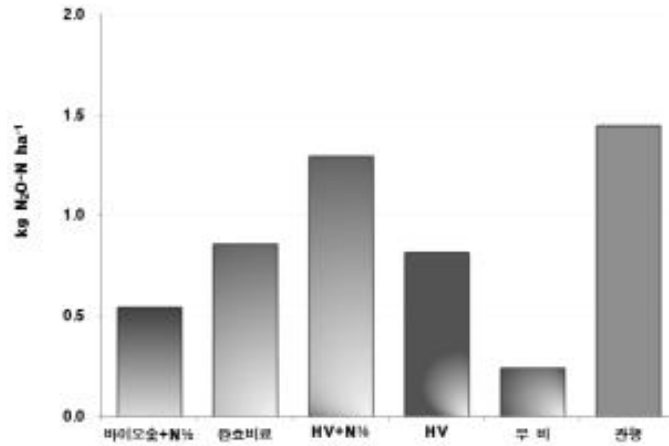


그림 7. 감자 재배 시 처리별 아산화질소 배출량

표 2. 비료종류에 따른 감자 수량

처리구	총서중(kg/10a)	상서율(%)	상서중(kg)	상서지수
바이오 숯+화학비료(50%)	2,900	95.1	2,758	104
완효성비료	2,492	92.3	2,300	87
헤어리베치+화학비료(50%)	2,275	93.4	2,125	80
헤어리베치	1,706	93.2	1,589	60
무비	1,052	78.6	827	31
관행	3,100	85.8	2,650	100

* 파종일 : 4. 11, 수확일 : 7. 21

아산화질소 발생량은 질소 시비량, 토양 유기물 함량, 토양 산도, 토성, 작물의 종류, 양분 원의 종류 등에 따라 다르므로 작물에 대해 개별적 저감방법 개발이 필요하고, 3작목의 예로 볼 때 화학비료 대신 녹비작물이나 바이오숯 등의 이용이 배출량을 효과적으로 줄일 수 있는 방법이 될 수 있다. 이러한 방법은 비료 시용방법에 따른 저감기술로, 작기의 조절이나 경운 방법 등에 따른 효과 검증도 필요할 것으로 사료된다.

4. 적 요

- 가. 콩 재배기간 중 아산화질소 발생량은 단비 0.52 kg N₂O-N/ha, 복비 0.51, 석회질비료 0.50, 헤어리베치 0.46순이었고, 헤어리베치 이용 시 수량도 많은 것으로 나타나, 아산화질소 발생량을 줄일 수 있는 방법으로 헤어리베치 투입이 효과적임.
- 나. 옥수수 재배기간 중 아산화질소 발생량은 관행 화학비료 2.67 kg N₂O-N/ha, 완효비료 1.25, 헤어리베치 0.98, 바이오숯 0.83순이었으나, 수량에서 화학비료 처리구를 대체할 수 없어 수량을 보전하면서 아산화질소 배출량을 줄일 수 있는 방법에 대한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 생각됨.

다. 감자 재배기간 중 아산화질소 발생량은 관행 화학비료 1.45 kg N₂O-N/ha, 완효비료 0.86, 헤어리베치 0.82, 바이오숯 0.54순이었다. 바이오숯 처리 시 상서지수가 관행 처리구보다 높아 감자를 재배할 때 화학비료를 줄이고 바이오숯을 처리하는 방법이 아산화질소 배출량을 줄일 수 있는 효과적인 방법임.

5. 인용문헌

- 강원도농업기술원. 2013. 시험연구보고서. p555.
- Kim, G.Y., B.H. Song, B.K. Hyun, K.M. Shim, J.T. Lee, J.S. Lee, W.I. Kim and J.D. Shin. 2006. Predicting N₂O emission from upland cultivated with pepper through related soil parameters. Korean J. Soil Sci. Fert. 39:253-258.
- Kim, G.Y., B.H. Song, K.A Roh, S.Y. Hong, B.G. Ko, K.M. Shim and K.H. So. 2008. Evaluation of greenhouse gases emissions according to changes of soil water content, soil temperature and mineral N with different soil texture in pepper cultivation. Korean J. Soil Sci. Fert. 41:399-407.
- Kim, G.Y., K.H. So., H.C. Jeong, K.M. Shim, S.B. Lee and D.B. Lee. 2010. Assesment of greenhouse gases emissions using global warming potential on upland soil during pepper cultivation. Korean J. Soil Sci. Fert. 43:886-891.
- Saggar, S., J. Luo, D.L. Giltrap and M. Maddena. 2009. Nitrous oxide emissions from temperate grasslands: Processes, measurements, modelling and mitigation. In Sheldon A. I., Barnhart E. P. (eds.): Nitrous oxide emissions research progress. Nova Science Publishers, Inc., New York, pp. 1-66
- Seo, Y.H., S.W. Kim, S.C. Choi, B.C. Jeong and Y.S. jung. 2012. Nitrous oxide emission from livestock compost applied arable land in Gangwon-do. Korean J. Soil Sci. Fert. 45:25-29.
- Shin, Y.K., J.W. Ahn, M.H. Koh and J.C. Shim. 2003. Emission of greenhouse gases from upland rice and soybean. Korean J. Soil Sci. Fert. 36:256-262.
- Stehfest, E. 2008. Modelling of Global Crop Production and Resulting N₂O Emissions. VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken, Germany.
- Yang, S.H., H.J. Kang, S.C. Lee, H.J. Oh and G.Y. Kim. 2012a. Influence of N fertilization level, rainfall, and temperature on the emission of N₂O in Jeju black volcanic ash soil with soybean cultivation. Korean J. Soil Sci. Fert. 45:451-458.
- Yang, S.H., H.J. Kang, S.C. Lee, H.J. Oh and G.Y. Kim. 2012b. Influence of N fertilization level, rainfall, and temperature on the emission of N₂O in Jeju black volcanic ash soil with carrot cultivation. Korean J. Soil Sci. Fert. 45:459-465.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2014(3년)	영농활용	감자 재배 시 바이오숯 시용효과(자체)

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'12	'13	'14
과제책임자	옥수수연구소	농업연구관	서영호	과제총괄	○		
과제책임자	환경농업연구과	농업연구사	허수정	과제총괄		○	○
공동연구자	특화작물연구소	농업연구관	김인종	연구자문	○		
공동연구자	특화작물연구소	농업연구사	김세원	생육조사	○		
공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	최승출	가스분석	○	○	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	윤병성	생육조사	○	○	○
공동연구자	환경농업연구과	공무직	김장수	포장관리	○	○	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구관	최준근	연구자문		○	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	임수정	생육조사		○	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구관	김재록	연구자문		○	○