

한우 및 젓소농장 발생 악취의 확산특성 연구

김두환^{1*} · 하덕민¹ · 이재영¹ · 김희호¹ · 송준익²

¹경남과학기술대학교, ²천안연암대학

A Study on Dispersion Characteristics of Odor from Hanwoo and Dairy Farms

Doo-Hwan Kim^{1*}, Duck-Min Ha¹, Jae-Young Lee¹, Hee-Ho Kim¹, Jun-Ik Song²

¹Department of Animal Resources Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea, ²Department of Animal Science, Cheonan yonam College, Cheonan 331-709, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the dispersion prediction of odor from Hanwoo and dairy farms. Gaussian Plume model used in considering of farm size, wind velocity, atmospheric stability and threshold odor unit to prediction of odor dispersion based on the survey on current state of odor emission and control from 9 site of Hanwoo and 9 site of dairy farms. Farm size, wind velocity and atmospheric stability were affected the distance of odor dispersion, showed longer distance in cases of large farm, low wind velocity and stable atmospheric condition. We will suggestion the adjusted distance of odor dispersion according to farm size was estimated to 50~100 m in Hanwoo farm and 50~150 m in dairy farm when apply the 3OU, 5 m/s wind velocity and stable atmospheric condition.

(Key words : Hanwoo and Dairy farm, Odor, Dispersion, Atmospheric condition)

서 론

축산업의 지속가능 여부는 친환경 축산업으로의 전환을 얼마나 잘 이루어 내느냐에 달렸다고 해도 과언이 아닐 정도로 친환경 축산은 소비자에게는 물론 생산자 및 가공 유통과정에서도 중요한 과제이다. 소비자는 물론 생산자의 친환경축산에 대한 요구가 높아지면서 동물복지와 축산환경의 개선이 없

이는 지속가능한 축산업의 미래는 보장 받을 수 없다.

정부는 지속가능한 친환경 축산업 육성을 국정과제로 채택하고 친환경축산 종합대책을 발표(MAFRA, 2014) 하고 환경부담 최소화, 친환경 축산물 공급 활성화 및 생산기반 조성을 친환경 축산을 위한 중점추진과제로 설정하였다. 중점추진과제로 추진 우선 순위에서 맨 앞에 자리한 환경부담 최소화를 위하

*Corresponding author : Kim, Doo Hwan, Department of Animal Resources Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology, 660-758, Jinju, Korea. Tel : +82-55-751-3284, E-mail : dhkim@gntech.ac.kr

2015년 1월 24일 투고, 2015년 2월 10일 심사완료, 2015년 2월 17일 게재확정

여 지역단위 가축분뇨 종합관리와 악취관리 강화에 목표를 두고 있다.

악취는 자극성 있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새로 악취물질은 그 종류에 따라서 발생원이 다르며 발생량을 어느 정도 저감시킨다 할지라도 아주 작은 양으로도 취기를 유발하기 때문에 이에 대한 대책과 방지에는 많은 어려움이 따르고 있다. 사람의 후각 감각은 개인마다 다르기 때문에 감지한 악취의 질과 강도를 객관적으로 평가 분석하는 것은 쉽지 않다. 일반적으로 악취에 노출되면 악취의 강도와 지속시간에 따라 정도의 차이는 있지만, 신체 알러지 반응, 식욕 감퇴, 음수량 저하, 호흡기 장애, 설사와 구토, 정신적 스트레스 등의 심미적 환경공해 요인으로 작용한다고 알려져 있다(Yasuhara et al., 1984).

환경부가 2011년 11월 “가축사육 제한구역 지정기준 권고안”을 전국의 지자체에 시달한

이후, 전국의 지자체 중 80% 이상의 지자체가 가축사육을 제한하는 조례를 제정하여 운영하고 있으나(MAFRA, 2013) 가축분뇨법과 축산법 등 서로 다른 제도에 의하여 가축사육을 제한할 수 있게 되고 동일하지 않은 기준이 적용될 수 있어 이에 대한 보완이 반드시 필요하다. 따라서 본 연구는 소 사육 농장의 악취발생과 관리에 관한 실태조사를 바탕으로 한우 및 젖소농장 발생 악취가 어떻게 확산되는가를 추정하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

1. 조사대상 한우 및 젖소농장

악취의 확산특성 연구를 위하여 조사한 한우 9개 및 젖소 9개 농장의 일반 현황은 Table 1과 같다.

Table 1. General conditions of Hanwoo and dairy farms in study.

Region [†]	Species [‡] (No. of animals)	Location conditions	Distance of boundary line between building (m)
Jinju, GN	H 280	Halfway far village	20
Jinju, GN	H 150	Flatland the end of hillside	30
Uiryong, GN	H 200	Some sloped near national road	12
Gosung, GN	H 220	End of hillside, plain area	10
Gosung, GN	H 130	Flatland near irrigation canal	7
Uiryong, GN	H 105	Flatland near national road	5
Sancheong, GN	H 170	In the mountain area far village	25
Hadong, GN	H 130	In the mountain area far village	6
Hadong, GN	H 33	End of hillside, near the residential district	13
Gimpo, GG	D 33	Near the residential district	7
Yanju, GG	D 210	Near the large scale residential district	6
Paju, GG	D 24	Flatland the end of hillside	5
Namyangju, GG	D 70	End of hillside, near the residential district	3
Icheon, GG	D 86	Around poultry farm, waste treatment plant	5
Ansung, GG	D 100	Flatland near village	5
Ansung, GG	D 72	Plain area	4
Hwasung, GG	D 70	Rural village flatland	3
Siheung, GG	D 120	Flatland the end of hillside	2

[†] GG: Gyeonggi, GN: Gyeongnam, [‡] H: Hanwoo, D: Dairy

2. 조사내용 및 방법

(1) 악취 측정

축산농장에서 발생하는 악취 정도를 조사하기 위하여 농장의 부지경계선 상에서 복합악취는 직접관능법으로 측정하였으며, 개별악취물질 중 가장 큰 비중을 차지하는 암모니아 농도는 검지관능법으로 측정하였다.

복합악취는 직접관능법인 6단계 악취세기법으로 악취를 측정하였는데, 6단계 악취세기법은 사람의 후각으로 느낀 바를 세기별로 표현하는 방법으로 주로 배출원이 아닌 환경중 악취를 평가하는 방법으로 공인된 악취평가 방법 중 하나이다. Table 2와 같은 기준에 따라 평가자 5명이 측정 대상 사업장 부지경계선에서 6단계 냄새 세기 수준에 따라 악취를 평가하여 평가자의 평균을 적용하였다.

(2) 확산 추정

한우 및 젓소농장에서 발생된 악취의 주변 환경으로의 확산은 경영규모, 축사 형태, 분뇨처리 방법 등 농장 특성 뿐 아니라 위치, 지형적 특성, 실시간 기상현황 등 여러 환경인자들의 영향을 받게 되며, 이러한 환경인자들은 예측이 어렵고 끊임없이 변하기 때문에 악취의 확산 원인과 확산 정도 등 확산 특성의 정량적 평가가 어려운 실정이다. 본 연구에서는 전 세계적으로 대기 중 확산을 모의하기 위하여 가장 활발하게 사용되고 있

는 Gaussian 확산모형에 기반을 둔 가우시안 모델들 중 Gaussian Plum을 사용하여 악취확산을 추정하였다.

Gaussian Plume 모델의 기본 설계조건은 다음과 같다.

- 난류는 random 운동이므로 난류에 의한 확산도 random하게 되고
- 농도는 정규분포하게 된다는 Gaussian 확산 가정 적용
- 특정 배출구에서 지속적으로 배출되며
- 배출량의 변화나 기상조건의 변화가 없는 정상상태로 가정

Gaussian Plume 모델의 세부 가정은

- 풍하방향을 x축으로 할 경우, $v=0, w=0$
- x축 방향으로 이류가 확산보다 현저히 크므로 확산을 무시하여 $kx=0$
- 정상상태이므로, $\partial C / \partial t = 0$
- 소 마리당 27 OU $m^3/s/ton$ 의 악취발생 가정

결과 및 고찰

1. 한우 및 젓소농장 악취 발생특성

조사한 18개 한우 및 젓소농장의 경영규모에 따라 200두 이상을 대규모 농장, 50두에서 200두 까지를 중규모 농장, 50두 이하의 농장을 소규모 농장으로 구분하여 규모에 따른 부지경계선에서의 악취세기와 암모니아 농도를 조사한 결과는 Table 3과 같다.

한우와 젓소농장의 경영규모에 따른 악취

Table 2. Criteria for odor strength.

Degree of strength	Definition
0 (None)	Not detectable odorless state
1 (Threshold)	Barely detected odor
2 (Moderate)	Moderate odor
3 (Strong)	Strong odor
4 (Very strong)	Very strong odor
5 (Over strong)	Difficult to bearing strong odor

Table 3. Odor emission characteristics of Hanwoo and dairy farms in study.

Species (size)	Wind velocity (m/s)	Humidity (%)	Odor strength	Ammonia (ppm)
Hanwoo (Large)	1.1	50.4	1.4	3
	0.9	37.1	1.0	3
	1.2	51.9	1.4	3
Hanwoo (Medium)	1.0	45.0	0.4	3
	1.1	53.2	1.2	3
	1.0	56.6	1.8	2
	0.4	50.1	0.6	3
	0.6	45.6	1.4	3
Hanwoo (Small)	0.5	43.7	0.8	2
Dairy (Large)	2.9	56.0	0.8	3
Dairy (Medium)	1.5	32.0	1.4	2
	1.0	29.0	2.2	3
	1.3	60.0	2.4	5
	1.9	62.0	2.2	2
	1.8	60.0	1.8	2
	1.5	70.0	1.0	1
Dairy (Small)	1.0	65.0	2.2	2
	1.0	54.0	1.0	3

세기와 암모니아 농도의 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았으며, 악취확산에 크게 영향을 미치는 풍속은 0.4 m/s에서 2.9 m/s의 범위로 조사되었으며 평균 풍속은 한우 0.87 m/s, 젖소 1.54 m/s로 조사되었다.

악취세기는 낮게는 0.4, 높게는 2.4로 평가되었고 평균 악취세기는 한우 1.11, 젖소 1.67로 나타나 젖소농장 비교적 높게 나타났다. 검지관에 의한 암모니아의 평균 농도는 한우 2.78 ppm, 젖소 2.56 ppm으로 나타나 3 ppm을 초과하지는 않았다. 직접관능법에 의한 악취세기와 검지관에 의한 암모니아 농도를 종합하면, 6단계 악취세기법 기준으로 “약한 냄새” 정도로 평가할 수 있을 것이다.

2. 악취확산 추정

Gaussian Plume Model을 농장의 경영규모별, 대기안정도별 및 풍속별 요인들을 복합적으로 고려하여 계산한 결과들을 이용하여

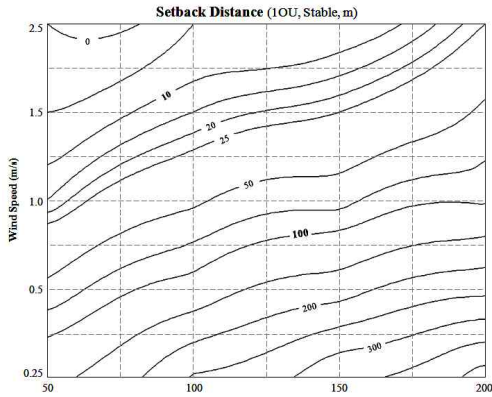
작성한 한우농장 상관곡선표는 Fig. 1, 2와 같고 젖소농장은 Fig. 3, 4와 같다.

대기안정도가 높을 때 악취확산 거리가 훨씬 긴 것으로 나타났으며, 이는 오전 일찍이나 늦은 오후에 축산농장 인근의 실제 민원 발생 동향과도 일치하는 결과로 대기안정도가 높고 민원인의 활동이 증가하며 풍향이 바뀌는 시점 등 복합적인 요인들의 영향으로 사료된다.

경영규모가 커질수록 발생하는 악취 농도도 증가하여 확산거리 증가에도 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 또한 풍속이 높은 경우 보다는 낮은 경우에 확산 거리가 훨씬 더 긴 것을 알 수 있으며, 풍속이 높아질수록 좌우상하 확산효과가 증가하여 지표면을 따라서 확산되는 거리는 줄어드는 것으로 판단된다.

Kim et al.(2013)이 보고한 실태조사 결과를 보면 한우와 젖소농장 악취 발생과 확산에 영향을 미치는 중요한 요인들이 관리되고 있으며 주요 내용은 다음과 같다.

a) 10U



b) 30U

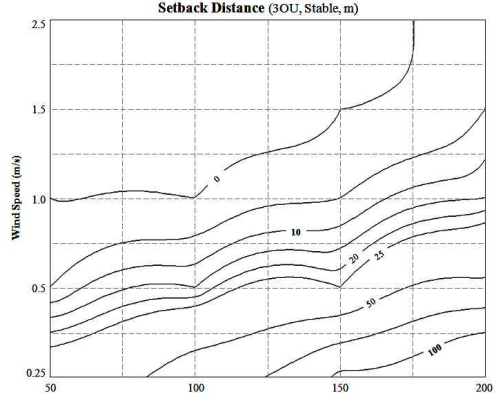
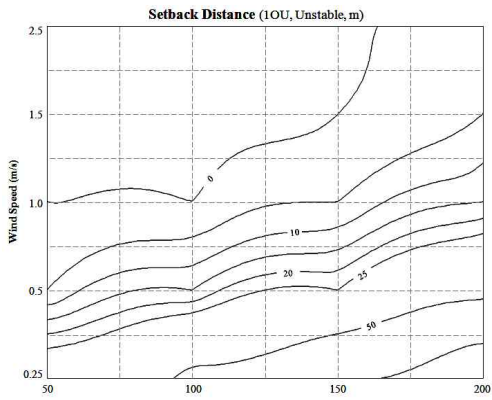


Fig. 1. Calculated correlation under the stable atmospheric conditions at Hanwoo farms.

a) 10U



b) 30U

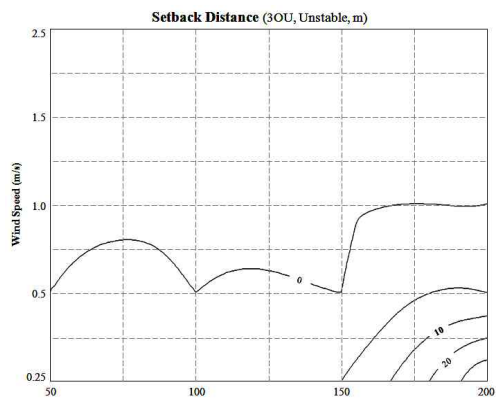
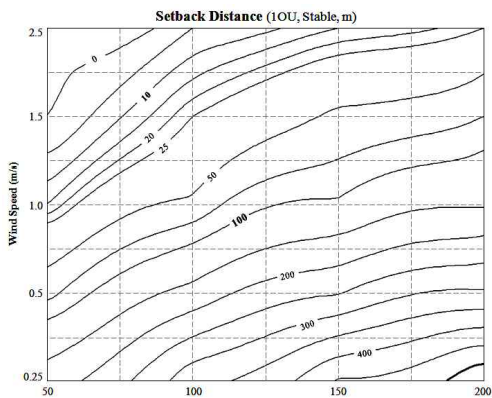


Fig. 2. Calculated correlation under the unstable atmospheric conditions at Hanwoo farms.

a) 10U



b) 30U

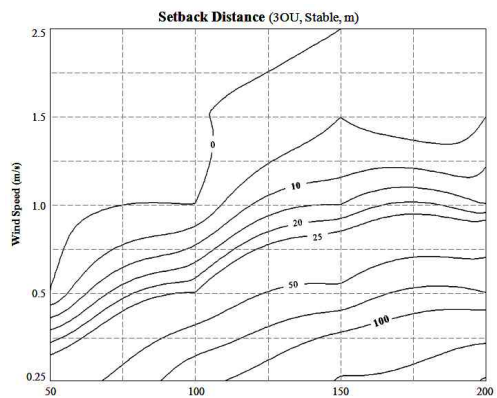
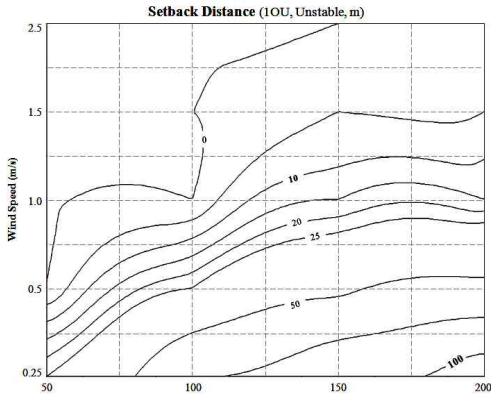


Fig. 3. Calculated correlation under the stable atmospheric conditions at dairy farms.

a) 10U



b) 30U

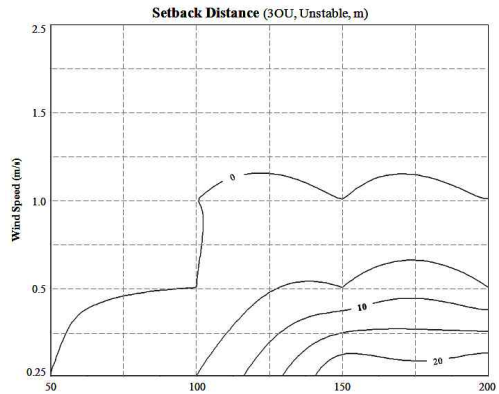


Fig. 4. Calculated correlation under the unstable atmospheric conditions at dairy farms.

- 한우 및 젓소농장의 위치나 입지 조건이 지표면에서의 악취 확산거리를 크게 줄일 수 있는 요인들을 갖추고 있었다.
- 한우 및 젓소농장 대부분 악취저감을 위한 환경개선제를 사용하고 있었다.
- 대부분의 한우 및 젓소농장에서 환경개선과 분진 저감을 위해 일상적이고 정기적인 청결유지, 청소 등 다양한 노력을 하고 있었다.
- 일부 한우 및 젓소농장에서 악취발생 지점의 밀폐 등 적극적으로 악취저감을 위한 집중관리를 시행하고 있었다.

한우 및 젓소농장의 위와 같은 악취관리

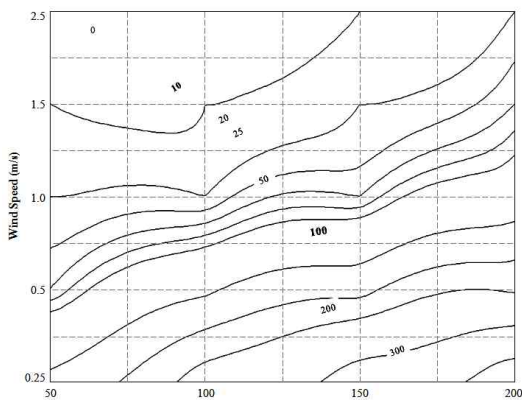


Fig. 5. Adjusted correlation of the odor dispersion of Hanwoo farms.

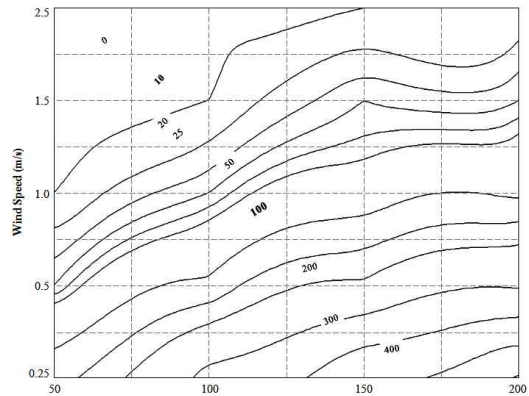


Fig. 6. Adjusted correlation of the odor dispersion of Hanwoo farms.

실태를 바탕으로 대기안정도와 악취저감농도 및 풍속 기준을 다음과 같이 적용하여 보정된 확산추정을 실시하였다.

- ① 대기안정도 높을 때
- ② 악취감지농도 30U
- ③ 풍속 0.5 m/s

Gaussian Plume Model을 이용하여 한우 및 젓소농장 경영규모에 따른 보정된 확산추정 결과와 상관관계표는 Fig. 5, 6과 같다.

결 론

한우농장 9개소 및 젓소농장 9개소의 악취

발생과 관리 실태조사 결과를 바탕으로 경영 규모와 풍속 및 대기안정도를 고려하여 Gaussian Plume Model을 사용하여 악취확산을 추정하였다.

경영규모가 클수록 발생 악취농도는 증가하고 확산거리 증가에도 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 풍속이 낮을 때 확산거리가 크게 증가하고 풍속이 높아질수록 좌우 상하 확산 효과가 커져 지표면을 따라 확산되는 거리는 줄어드는 것으로 나타났다. 대기안정도가 높을 때 악취의 확산거리가 현저하게 증가하는 것으로 추정되었다.

대기안정도가 높은 상태, 악취감지농도 30U 적용 및 풍속 0.5 m/s 기준을 적용하고 조사 양돈장의 현장여건과 악취저감 노력을 반영하여 보정된 악취 확산추정을 실시한 결과, 한우농장은 50~100 m, 젓소농장은 50~150 m 정도까지 확산되는 것으로 추정되었다.

사 사

본 논문은 통합형 가축분뇨자원화 혁신모델 사업단의 실증과제(514001-03-1-HD030)로 수행된 것임.

인 용 문 헌

1. Arya, S., 1999. Air pollution meteorology and dispersion. Oxford University Press. New York.
2. Beyers, M., Waechter, B. 2008. Modeling transient snowdrift development around complex three-dimensional structures. J. Wind Eng. & Ind. Aerodynamics, 96, 1603-1615.
3. Chung, K.H., Han, J.C., Kwag, S.J., Chung, J.D., Lee, J.W., Kim, D.H., 2008. Effects of Enzyme Complex on Odor Emission from Swine Slurry and Swine Buildings. J. Anim. Environ. Sci. 14, 15-22.
4. Guo, H., Jacobson, L.D., Schmidt, D.R., Nicolai R.E., 2003. Evaluation of the influence of atmospheric conditions on odor dispersion from animal production sites. Transactions of ASAE. 46, 461-466.
5. Kim, D.H., Yang, C.B., Choi, D.Y., Gwack, J.H., Song, J.I., Gwack, S.J., 2006. Odor survey in swine farm and its reduction strategy. Korea Swine Producers Association.
6. Kim, D.H., Kim, I.B., 1999. A review of the odor control from inside of swine production facilities. J. Anim. Environ. Sci. 5, 203-216.
7. Kim, D.H., Lee, I.B., Choi, D.Y., Song, J.I., Jeon, J.H., Ha, D.M., 2013. A survey on current state of odor emission and control from livestock operations. J. Anim. Environ. Sci. 19, 123-132.
8. Kim, K.Y., Choi, J.H., 2013. Distribution characteristics of odorous compounds concentrations according to type of pig buildings. J. Kor. Soc. Odor Res. Eng. 12, 27-37.
9. Ni, J.Q., Heber, A.J., Lim, T.T., Diehl, C.A., Duggirala, R.K., Haymore, B.L., Sutton, A.L., 2000. Ammonia emission from a large mechanically ventilated swine building during warm weather. J. Environ. Quality 29, 751-758.
10. Park, G.H., Oh, G.Y., Jung, K.H., Jung, S.Y., Cha, G.S., 2005. The Odor characteristics of livestock raising facility J. Kor. Soc. Odor Res. Eng. 4, 207-215.
11. Schiffman, S.S., 1998. Livestock odors: Implications for human health and well-being. J. Anim. Sci. 76, 1343-1355.
12. Schiffman, S.S., Bennett, J.L., Raymer,

- J.H., 2001. Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina. *Agric. Forest Meteor.* 108, 213-240.
13. Song, J.I., Jeon, J.H., Park, K.H., Yoo, Y.H., Kim, D.H., 2011. Conducted to verify the effect of chlorine dioxide(ClO_2) on odor reduction at a commercial swine facility. *J. Anim. Environ. Sci.* 18(suppl.), 43-50.
14. Yang, Y., Gu, M., Chen, S., Jin. X., 2009. New inflow boundary conditions for modeling the neutral equilibrium atmospheric boundary layer in computational wind engineering. *J. Wind Eng. & Ind. Aerodynamics.* 97, 88-95.
15. Yasuhara, A., Fuwa, K., Jimbu, M., 1984. Identification of odorous compounds in fresh and rotten swine manure. *Agri. & Biol. Chem.* 48, 3001-3010.