

연구노트

액상 염화알루미늄을 왕겨에 첨가시 pH와 수용성 인 함량에 미치는 영향

최인학 · 이성준* · 최정훈**

진생유기농(주), *경북대학교 수의학과, **한양대학교 화학과
(2009년 2월 2일 접수; 2009년 3월 26일 수정; 2009년 5월 18일 채택)

Effects of Liquid Aluminum Chloride Amendments to Rice Hulls on pH and Soluble Reactive Phosphorus Contents

In Hag Choi, Seong Joon Yi* and Jung Hoon Choi**

Ginseng & Organic Co., Ltd 407, Industry Academy Cooperation, Joongbu University, Chungnam 312-702 Korea

*Department of Anatomy College of Veterinary Medicine, Kyungpook National University, Daegu 702-701 Korea

**Department of Chemistry, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

(Manuscript received 2 February, 2009; revised 26 March, 2009; accepted 18 May, 2009)

Abstract

The goals of this study were conducted to investigate the effects of applying liquid aluminum chloride ($AlCl_3$) to rice hulls on pH and soluble reactive P (SRP). A total of 800 broiler chicks (4 treatments \times 4 replicates \times 50 birds) were housed into 16 floor pens in a single house for 5 weeks. The treatments were divided into 4 groups: control, 100 g of liquid $AlCl_3$ /kg of rice hulls, 200 g of liquid $AlCl_3$ /kg of rice hulls, and 300 g of liquid $AlCl_3$ /kg of rice hulls. Liquid $AlCl_3$ was sprayed on the rice hulls surface at a rate of 100 g, 200 g, and 300 g liquid $AlCl_3$ per kg rice hull. pH values and SRP contents were significantly decreased ($P < 0.05$) with the increased liquid $AlCl_3$ levels in comparison with control. However, no significant differences in SRP contents were observed among all treatments at 3 and 4 weeks. Applying 100 g, 200 g, and 300 g liquid $AlCl_3$ to rice hulls reduced SRP contents by 18, 25, and 52% for 5 weeks, respectively, compared with the controls.

In conclusion, these results suggest that using liquid $AlCl_3$ on rice hulls should be promising for reducing water contamination and resulted in a reduction in SRP contents, which reduced pH.

Key Words : Liquid aluminum chloride, pH, Soluble reactive phosphorus

1. 서 론

오늘날 축산업의 발달로 인간에게 제공되는 축산 식품분야에서 많은 발전이 있었지만, 그에 따른 가

축사양에서 발생하는 축분뇨는 악취와 더불어 환경 오염원으로 인식하게 되어 이에 적절한 관리와 방법적인 측면의 관심이 증대되고 있다. 특히, 왕겨 등과 같은 바닥재(bedding materials)는 가축이 그 위에서 성장하는 동안 분과뇨를 동시에 배설하면서 침착이 되어 깔짚을 형성하게 된다. 지금까지는 이렇게 생성된 깔짚은 질소를 함유한 유기질 비료와 작

물성장에 필요한 영양소 공급원이라는 점에서 많은 연구에서 보고되었지만¹⁻³⁾, 수년 동안 재사용하여 토양에 살포하게 되었을 때 토양오염과 함께 수질 오염도 크게 증가된다는 점에서 국가 차원의 환경 정책연구의 필요성이 제기되고 있다.

축산분야에서 환경오염을 줄일 수 있는 접근 방법으로는 바닥재 종류의 선택, 사료조절방법 및 깔짚에 화학제재를 첨가하는 방법 등이 제시되고 있다⁴⁻⁶⁾. 바닥재는 일반적으로 유기물과 무기물 형태의 두가지 영역으로 나누어지며, 유기적 의미에서의 바닥재는 짚, 건초, 톱밥 및 퇴비화 되거나 건조된 분등을 포함한다. 무기적 의미는 모래(sand)와 석회석(limestone) 등이 이에 해당된다.

무기바닥재(inorganic bedding materials)는 병원균 성장에 아무런 영향을 주지 않고, 낮은 박테리아수를 유지함으로써 환경적인 영향을 주는 병원균을 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다⁷⁾. 유기바닥재(organic bedding materials)로서 톱밥은 가격면에서 비효율적이기 때문에 최근에는 왕겨와 짚 등이 많이 사용되고 있다. 이러한 유기 바닥재의 주된 문제로는 축사내의 바닥재로 오랫동안 사용하는 경우가 축생산성 감소와 생산자들의 건강에 좋지 못한 영향을 미친다는 사실이다⁸⁾. 더 나아가 유기바닥재는 수분을 잘 흡수하지만, 분과 뇨(urine)가 섞여 있으면 병원균 성장에도 도움을 주기 때문에 바닥재로서 가치를 상실한다는 점이다^{9,10)}. 현재 우리의 축산 현실은 환경에 좋지 않은 결과를 인정하면서도 유기바닥재를 재사용하고 있다. 그 결과 재사용된 깔짚을 목초지에 수년 동안 시비하는 경우, 조류(algae)가 좋아하는 수용성 인(soluble phosphorus) 함량 증가로 연못, 호소 및 강에서 부영양화가 발생하게 되는 것이다. 이것은 목초지로부터 총 인 손실량(total phosphorus loss)의 80~90%이며, 유거수(runoff)에서 대부분 차지하는 것으로 보고되었다¹¹⁾. 깔짚에서 수용성 인 함량 증가는 일차적인 요인이 가축 사료에 함유된 인이며 이것은 사료조절 방법을 이용하면 인 함량을 줄일 수 있다고 하였다¹²⁾. 최근 연구에서 가금 및 돼지와 같은 단위동물은 체내에서 인을 분해할 수 있는 효소가 없기 때문에 인분해 효소(phytase)를 사료에 첨가하면 단위동물의 소화기내에서 특정 미생물(*Aspergillus niger*) 작용에 의해 피

테이트 인(phytate) 분자를 분해하여 체내에서 인 이용성이 증가되어 분중에 함유된 수용성 인 함량이 감소된다고 하였다^{12,13)}. 그러나 Delaune과 Moore¹⁴⁾에 따르면, 인분해 효소를 함유한 사료를 가축이 섭취한 후 배설된 분중에는 수용성 인 함량이 증가될 수 있다는 가능성을 제시하였다.

Moore와 Miller¹⁵⁾는 화학제재를 이용하는 방법 즉 Ca, Fe 및 Al를 깔짚에 첨가했을 때 수용성 인 함량이 효과적으로 감소된다고 보고하였다. 또한 Moore 등¹⁶⁾은 깔짚 첨가제로 사용되는 황산 알루미늄(aluminum sulfate or alum)을 깔짚에 첨가했을 때 수용성 인 함량이 99%까지 감소된다고 하였다. 이러한 황산 알루미늄의 깔짚 처리방법은 축산분야에서 가축 생산성을 향상시키고 암모니아 발생량을 줄이는 등 여러가지 잇점이 있어 미국에서 많이 연구되어 상용화된 상태이다. 더욱이 Smith 등¹²⁾의 연구에서도 사료에 인분해효소를 첨가했을 때, 가축의 체내 대사과정을 거친 후 배설된 분중의 수용성 인 함량은 17% 감소되고 동시에 염화 알루미늄을 분에 첨가했을 때는 수용성 인 함량이 73% 감소된다고 하였다. 결과적으로 화학제재 첨가시 수용성 인의 함량을 감소시키게 되는 주된 이유로는 pH에 의해 조절된다고 할 수 있다. 그러나 황산 알루미늄과 더불어 고상·액상 염화알루미늄(aluminum chloride)은 분 또는 깔짚 첨가제로 소개되어 Smith 등^{12,17,18)}에 의해 처음 연구되었지만 액상 염화알루미늄(liquid aluminum chloride)을 첨가한 바닥재로 왕겨에 적용된 사례는 거의 없다.

본 연구에서는 액상 염화알루미늄을 왕겨에 살포하여 5주 동안 왕겨내 pH와 수용성 인 함량 변화에 대한 기초적 자료를 얻기 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 사양 시험 설계 및 준비

본 시험은 미국 농업연구청(USDA-ARS)과 알칸사 대학교(University of Arkansas)에서 공동으로 운영하는 프로그램에 준하여 계사에서 5주 동안 실시하였다. 시험축은 무감별추 육계 병아리(Cobb)를 계사에 16개 우리(pen)를 두고, 각 우리마다 50수씩(4처리×4반복×50수) 총 800수를 배치하였다. 반 개방식 계사로서 실내온도는 입식 후 병아리에 맞는 온

도인 37℃에 맞추고 병아리가 성장함에 따라 자동 조절되게 하였으며, 점등은 전 시험기간 동안 종아 점등을 실시하였다. 사료와 물은 자유급식으로 하였다.

2.2. 화학제재 첨가 및 샘플 준비

본 시험에 이용된 바닥재는 왕겨로서 약 5 cm 두께로 계사바닥에 깔았다. 모든 실험 준비와 화학제재 첨가는 사양시험이 시작되기 3일전에 실시하였으며, 본 시험에 사용된 화학제재의 첨가량은 아래와 같다.

- 1) 대조구(왕겨)
- 2) T1: 100 g of liquid aluminum chloride (액상 염화알루미늄)/kg of rice hulls (왕겨)
- 3) T2: 200 g of liquid aluminum chloride (액상 염화알루미늄)/kg of rice hulls (왕겨)
- 4) T3: 300 g of liquid aluminum chloride (액상 염화알루미늄)/kg of rice hulls (왕겨)

화학제재는 액상이므로 살포기를 이용하여 왕겨 표면 위에 분무하였으며, 대조구에는 화학제재를 분무하지 않았다. 분석을 위한 샘플은 매 주마다 계사에서 대조구와 각 처리구별로 약 100 g 을 기준으로 반복하여 섞은 후 표집하고, 플라스틱 백에 넣어 외부공기를 차단시켜 냉장보관(4℃)하였다

2.3. 분석 항목

우선 pH측정을 위하여 20 g 분석용 샘플에 200

ml 증류수를 1:10비율로 넣고, 진탕기에서 샘플이 잘 섞이도록 2시간 동안 흔들어 주었다. 이를 원심분리기를 이용하여 6000 rpm에서 15분 동안 작동시켜 액상부분과 고상부분으로 분리하였다. 원심 분리된 액상시료는 여과시키지 않고 pH meter(Model 520A, ORION, USA)로 측정하였다. 또한 수용성 인 분석은 pH 측정 후 상층부분만을 취하여 0.45 μm membrane filter로 여과시켰다. 이때 액상 샘플은 영김현상을 방지하기 위해 염산(HCl)으로 pH 2에 맞추어 두고 ascorbic acid 방법을 이용하여 자동분석기(Technicon Instrumental Systems, Tarrytown, NY)로 측정하였다¹⁹⁾.

2.4. 통계처리

본 연구에서 얻어진 결과는 SAS Package Program²⁰⁾을 이용하여 분산 분석을 실시하였다. 처리 평균간의 유의성은 Duncan 다중 검정법²¹⁾으로 5% 수준에서 실시하였다

3. 결과 및 고찰

본 연구의 중요한 관점은 깔짚을 형성하였을 때 화학제재를 분무나 첨가했을 경우의 pH와 수용성 인 함량을 감소하는 것이며, 이 깔짚을 토양에 시비하였을 때 깔짚 사양관리를 어떻게 하느냐에 따라서 환경에 미치는 영향을 줄일 수 있다는 사실을 주지해야 한다. 이 실험의 결과로서 각 주마다 왕겨를

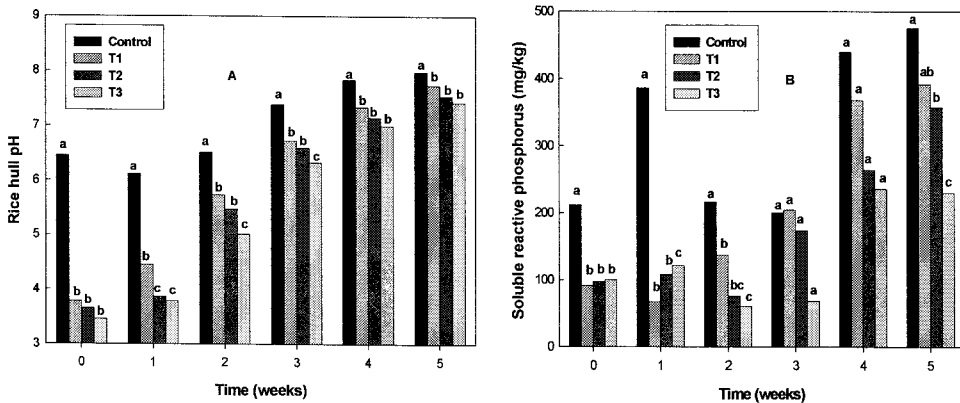


Fig. 1. Effect of liquid aluminum chloride amendments to rice hulls on (A) pH and (B) soluble reactive phosphorus contents as a function of time. Bars with same letters are not significantly different at P < 0.05. Treatment means T1 = 100 g of liquid AlCl₃/kg of rice hulls; T2 = 200 g of liquid AlCl₃/kg of rice hulls; T3 = 300 g of liquid AlCl₃/kg of rice hulls.

분석한 모든 처리구의 pH와 수용성 인(SRP) 함량 결과는 Fig. 1A과 1B에 제시하였다. 이 결과에 따르면 각각의 다른 비율로 액상 염화알루미늄을 처리한 구가 대조구보다 전 기간 동안 pH와 수용성 인 함량이 감소되는 것으로 나타났다($P < 0.05$). 대조구는 전 기간 동안 pH 경우 6.12~7.99, 수용성 인은 200.2~474.9 mg/kg의 범위로 다른 처리구보다 높았다. T3(300 g liquid aluminum chloride) 처리구는 pH가 3.46~7.43, 수용성 인 함량이 68.1~235.8 mg/kg으로 가장 낮았다. 그 다음은 T2(200 g liquid aluminum chloride), T1(100 g liquid aluminum chloride) 순으로 pH와 수용성 인 함량이 낮았다. 그러나, 3주와 4주의 수용성 인 함량은 모든 처리구간에서 통계적 유의성이 없었다($P > 0.05$). 이러한 결과는 분석된 값의 오차 때문으로 판단된다.

특히, Fig. 1A는 1주에서 3주까지 왕겨위에 계분이 침착되어 가는 과정이며, 4주와 5주는 완전한 깔짚을 형성하여 pH와 수용성 인 함량이 모든 처리구에서 증가되는 모습을 보여준다. 순수 왕겨 상태인 대조구 초기에는 6.12에서 6.52사이에서 유지하지만 시간이 지남에 따라 pH가 증가하는 이유는 왕겨 상태에서 분의 침착이 증가되어 미생물에 의한 유기물의 분해가 빠르게 진행되기 때문이다. 본 연구에서는 측정하지 않았지만 깔짚에서 발생하는 가장 큰 문제점의 하나는 암모니아 발생량이 증가된다는 점이다. pH가 7이하일 때는 암모니아 발생이 적게 발생하지만, 8이상일 경우는 유기물의 분해가 증가되어 암모니아 발생량은 가금성장애 적용되는 허용한계치인 25 ppm 이상으로 증가된다²²⁾. Derikx 등²³⁾은 유기물이 분해되는 과정에서 암모니아 고정은 pH가 4에서 5사이일 때 적절하며, 이 범위에서는 암모니아로서 비율이 0.01%로 존재한다고 하였다. 화학제제를 이용한 다른 연구에서도 암모니아 발생은 깔짚에 함유된 미생물 성장을 억제하거나 암모니아를 중화시킴으로써 억제된다고 보고하였다²⁴⁾. 본 연구의 액상염화알루미늄 처리구는 화학제제의 종류의 일종으로써 그 자체가 산을 형성하기 때문에 왕겨에 분이 많이 침착되고, 시간에 따라 pH가 증가하였다 하더라도 일정기간 미생물 성장을 억제한 화학제제의 특성이 작용했기 때문이라 판단된다.

본 연구 목적의 한 가지는 총 인 함량 분석이 아

니라 수질오염원인 수용성 인 함량에 초점을 맞추었다. T1, T2 및 T3 처리구는 5주에서 대조구보다 수용성 인 함량이 각각 18, 25 그리고 52% 감소되었다. 감소된 결과의 차이는 첨가한 화학제제의 양에 따라 결정되기 때문이다. 이러한 결과는 Smith 등²⁵⁾이 황산알루미늄과 염화알루미늄 사용은 돈분에서 수용성 인 함량이 99%, 소규모 구획 연구(small plot research)에서 84% 감소된다는 보고와 일치하였다. 또한 액상 염화알루미늄을 깔짚에 서로 다른 비율로 분무 하였을 때 수용성 인 함량이 24~36% 감소된다는 보고¹⁸⁾, 깔짚에 단독으로 황산알루미늄을 처리했을 때 수용성 인 함량이 47%, 사료에 인분해 효소(phytase)와 인의 이용성이 높은 옥수수를 혼합하여 급여한 후 깔짚에 황산알루미늄을 첨가한 결과에서 수용성 인 함량이 74% 감소 효과가 있다는 보고²⁶⁾ 및 다양한 화학제제를 비교분석한 Nahm²⁷⁾의 연구에서도 깔짚에 함유된 수용성 인 함량이 다양한 범위로 감소된다는 보고와도 일치하는 결과라고도 볼 수 있다.

일반적으로 황산알루미늄(alum)은 인(P)과 결합할 때 pH가 6이하일 경우에는 $AlPO_4$ 로서 pH가 6~8일 때는 $Al(OH)_3$ 를 형성하게 되어 그 pH범위에 따라 수용성 인을 감소시키게 된다²⁸⁾. 따라서 본 연구에서 액상 염화알루미늄을 왕겨에 분무시 수용성 인이 감소되는 이유는 액상 염화알루미늄은 Al을 함유하기 때문에 황산알루미늄과 마찬가지로 pH가 6~8일 때는 $Al(OH)_3$ 를 형성하기 때문에 pH가 감소된다고 볼 수 있다²⁸⁾.

4. 결 론

액상 염화알루미늄을 왕겨에 분무하여 5주 동안 왕겨 내 pH와 수용성 인 함량에 미치는 변화를 알아보기 위하여 수행하였다. 총 800수 육계를 16개로 구분된 우리(pen)의 기사에서 한 우리당 50수씩 배치하여 4처리구 4반복으로 5주 동안 사양실험을 하였다. 화학제제는 왕겨 kg당 100 g, 200 g 및 300 g 비율로 액상 염화알루미늄을 분무하였으며 대조구에는 화학제제를 분무하지 않았다. 그 결과로서 각각의 다른 비율로 액상 염화알루미늄을 처리한 구가 대조구보다 전 기간 동안 pH와 수용성 인 함량이

감소되는 것으로 나타났다($P < 0.05$). 그러나 3주와 4주의 수용성 인 함량은 모든 처리구간에서 통계적 유의성이 없었다($P > 0.05$). T1, T2 및 T3 처리구는 5주에서 대조구보다 수용성 인 함량이 각각 18, 25 및 52% 감소되었다.

결론적으로 액상 염화알루미늄을 왕겨에 처리했을 경우 수용성 인이 감소되는 요인인 왕겨내의 pH가 감소되었으며, 그 결과 액상 염화알루미늄을 축사 내 왕겨에 분무하는 방법은 수질오염원인 수용성 인 함량을 감소시키는 방법으로서 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) Fontenot J. P., Smith L. W., Sutton A. L., 1983, Alternative utilization of animal wastes, *J. Anim. Sci.*, 57, 221-233.
- 2) Sutton A. L., Nichols S. R., Jones D. D., Kelly D. T., Scheidt A. B., 1987, Survey of seasonal atmosphere change in confinement farrowing houses, In proceedings of the 2nd Seminar Technical Selection CIGR. on Latest Developments in Livestock Housing; Auburn University, AL, USA, 106-107.
- 3) Choi I. H., Yi S. Y., Kim C. M., 2008, A study on pH and soluble reactive phosphorus (SRP) from litter using various poultry litter amendments during short-term: a laboratory experiment, *Korean Environ. Sci. Soc.*, 17, 233-237.
- 4) Grimes J. L., Smith J., Williams C. M., 2002, Some alternative litter materials used for growing broilers and turkeys, *World's Poult. Sci. J.*, 58, 515-526.
- 5) Nahm K. H., 2002, Efficient feed nutrient utilization to reduce pollutants in poultry and swine manure, *Crit. Rev. Environ. Sci and Tech.*, 32, 1-16.
- 6) Moore P. A. Jr., Daniel T. C., Edwards D. R., 1999, Reducing phosphorus runoff and improving poultry production with alum, *Poult. Sci.*, 78, 692-698.
- 7) Stowell R. R., Inglis S., 2000, Sand for bedding. *Dairy Housing and Equipment Systems*, NRAES 129.
- 8) Moore P. A. Jr., Daniel T. C., Edwards D. R., Miller D. M., 1996, Evaluation of chemical amendments to reduce ammonia volatilization from poultry litter, *Poult. Sci.*, 75, 315-320.
- 9) Hogan J. S., Smith K. L., Todhunter D. A., Schoenberger P. S., Hueston W. D., Pritchard D. E., Bowman G. L., Heider L. E., Brockett B. L., 1989, Bacterial counts in bedding materials used on nine commercial dairies, *J. Dairy Sci.*, 72, 250-258.
- 10) Smith K. L., Hogan J. S., 2000, Bedding contribution to mastitis in dairy cows. *Dairy Housing and Equipment Systems, Managing and Planning for Profitability*, NRAES 129, 265-270.
- 11) Edwards D. R., Daniel T. C., 1993, Effects of poultry litter application rate and rainfall intensity on quality of runoff from fescue plots, *J. Environ. Qual.*, 22, 361-365.
- 12) Smith D. R., Moore P. A. Jr., Maxwell C. V., Haggard B. E., Daniel T. C., 2004, Reducing phosphorus runoff from swine manure with dietary phytase and aluminum chloride, *J. Environ. Qual.*, 30, 1048-1054.
- 13) Kornegay E. T., 1996, Nutritional, environmental and economic considerations for using phytase in pig and poultry diets, p, 277-302, In E.T. Kornegay (ed.) *Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment*, Lewis Publ., Boca Raton, FL.
- 14) Delaune P. B., Moore P. A. Jr., 2001, Predicting annual phosphorus losses from fields using the phosphorus index for pastures, *Better Crops.*, 85, 16-19.
- 15) Moore P. A. Jr., Miller D. M., 1994, Decreasing phosphorus solubility in poultry litter with aluminum, calcium and iron amendments, *J. Environ. Qual.*, 23, 325-330.
- 16) Moore P. A. Jr., Daniel T. C., Edwards D. R., Miller D. M., 1995, Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter, *J. Environ. Qual.*, 24, 293-300.
- 17) Choi I. H., 2004, A study on reducing the environmental pollutants from animal feces and urine, Ph.D. Thesis, Taegu University, Gyong San, South Korea.
- 18) Choi I. H., Moore P. A. Jr., 2008, Effects of liquid aluminum chloride additions to poultry litter on broiler performance, ammonia emissions, soluble phosphorus, total volatile fatty acids, and nitrogen contents of litter, *Poult. Sci.*, 87, 1955-1963.
- 19) American Public Health Association, 1992, *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*, 18th Ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- 20) SAS., 1996, *SAS User's Guide*. Release 6.12 ed., SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- 21) Duncan D. B., 1955, Multiple range and multiple F-tests, *Biometrics.*, 11, 1.
- 22) Reece F. N., Bates B. J., Lott B. D., 1979, Ammonia control in broiler houses, *Poult. Sci.*, 58, 754-755.
- 23) Derikx P. J. L., Willers H. C., ten Have P. J. W., 1994, Effects of Ph on the behavior of volatile compounds in organic manures during dry-matter determination, *Bioresource Tech.*, 49, 41-45.
- 24) Carlile F. S., 1984, Ammonia in poultry houses: A literature review, *World's Poult. Sci. J.*, 40, 99-113.

- 25) Smith D. R., Moore P. A. Jr., Griffins C. L., Daniel T. C., Edwards D. R., Boothe D. L., 2001, Effects of alum and aluminum chloride on phosphorus runoff from swine manure, *J. Environ. Qual.*, 30, 992-998.
- 26) Smith D. R., Moore P. A. Jr., Miles D. M., Haggard B. E., Daniel T. C., 2004, Decreasing phosphorus runoff losses from land-applied poultry litter with dietary modification and alum addition, *J. Environ. Qual.*, 33, 2210-2216.
- 27) Nahm K. H., 2005, Environmental effects of chemical additives used in poultry litter and swine manure, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 35, 487-513.
- 28) Cooke G. D., Welch E. B., Peterson S. A., Newroth P. R., 1986, *Lake and reservoir restoration*, Butterworths, Ann Arbor Science Book, Boston, MA, USA.