

요소의 암모니아화 및 질산화와 토양반응에 미친 수종 유기물의 영향

오왕근 · 허지희 · 김재영*
서울시립대학교

Effect of a Number of Organic Sources on the Ammonification and Nitrification of Urea and Soil Reaction

Oh, Wang-Keun · Jee-Hee Hur · Jae-Young Kim*
Seoul City University

SUMMARY

A laboratory experiment was conducted in order to learn the effect of a number of organic matters on the ammonification and nitrification of urea, and the reaction of soil, applied to a loamy upland soil poor in organic matter (<1.5%), without plants.

1. The ammonification of urea was most pronounced in one week period immediately after fertilizer and water treated, after which a rapid decrease of it was followed showing no accumulation at the end of 3rd week. Owing to the accumulation of ammonium, pHs of treated soils were read 7.0 to 7.3 from 6.8~6.9.
2. Nitrification was also progressed rapidly in the first one week period so that the accumulation of $\text{NO}_3\text{-N}$ surpassed that of ammonia during this period. After the 1st week the accumulation of $\text{NO}_3\text{-N}$ was continuously increased showing the maximum at the end of 4 weeks following a sharp decrease at the end of 5th weeks. The accumulation of $\text{NO}_3\text{-N}$ dropped soil pH from 6.8-7.0 to 6.0-6.2, but the decrease of $\text{NO}_3\text{-N}$ at the end of 5th weeks brought up soil pH to 6.4-6.6. again.
3. Amino acid fermentation byproduct rich in salt, particularly chloride, slowed down the ammonification and nitrification of urea.
4. The application of organic matter diminished the acidifying effect of chemical fertilizers. The diminishing effect of soluble humic acid and amino acid fermentation byproduct showed greater than that of solid organic matter in this experiment, which might be own to the application of a rather small amount of water soluble organic matters. Rice straw powder among solid organic

*건국대학교 자연과학대학 원예학과(Dept. of Horticulture, Kon-Kuk University, Chungju-si, 380-150)

matters appeared to be the least in the diminishing effect above. It may be reasoned that these soluble organic matters decomposes rapidly so as to affect soil pH, but solid organic matters, particularly the rice straw powder, form acidic humus.

I. 서 론

토양속에서 요소는 분해하여 암모늄이 되고 이어서 질산이 된다. 때문에 토양의 pH는 일단 올라갔다 다시 내려간다. (오 등, 1984; 김·오, 1990). 한편 유기물은 토양미생물의 에너지원이 된다. 때문에 여기서 생성된 암모늄과 질산은 토양미생물의 영양원이 되어 소모되기 쉽다 (이·황, 1984; Buresh and Patrick, 1978).

결국 토양중에 집적되는 암모늄과 질산의 양은 병용되는 유기물의 종류와 양에 따라 서로 달라지고 토양의 pH도 마찬가지로 달라지게 된다 (정 등, 1989).

실제 쓰이는 유기물로는 볏짚이나 퇴비 등을 포함한 거친 물질과 비료성분의 농도가 비교적 높은 깻묵류가 있으며 최근에는 증자피혁이나 아미노산 발효부산물액 등도 있다. 또 화학적인 방법으로 제조되는 부식산 등도 있다. 이런 유기물들은 분해의 난이도가 달라서 요소질 질소의 작용에 영향을 줄 뿐 아니라 분해산물 또한 달라서 질소의 행동 및 토양의 성질에 영향을 줄 것이다.

본 연구에서는 부식산을 포함한 수증 유기물이 요소의 암모니아화 및 질산화에 주는 영향과 토양반응에 주는 영향을 밝히기 위하여 무재배로 실내시험을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

유기물 함량이 1.5% 이하의 낮은 증성 풍건 발토양(양토) 일정량에 N는 0.03%, P_2O_5 와 K_2O 는 각각 0.02%에 상당하는 요소, 과석 및 황산칼리를 혼합하고, 그 500g에 0.25g 썩의 부식산, 아미노산 발효부산물액(P_1), 1.5g의 볏짚가루, 각각 0.25g 썩의 증자피혁과 어박을 혼합하여 1주·야 방치한 후

첫 시료를 뜨고 나머지를 직경 5인치의 비닐꽃에 담아 저면관수하였다.

모세관을 따라 표면까지 물이 올라오게 한 후 실내에 방치(1990년 9월 12일~10월 19일) 하면서 건조하면 다시 저면관수하였다.

공시된 부식산은 Shell Co.에서 경기화학에 sample로 보내온 암흑색 액체로 비중 1.09, 전질소 함량 1.68mg·N/ml이고, 아미노산 발효부산물액(P_1) 역시 암흑색 액체로 비중 1.14, 35.15mg·N/ml, 염소 약 5.5%를 함유한다. 증자피혁 147.73mg·N/g, 어박 81.9mg·N/g, 볏짚분 11.13mg·N/g를 함유한다.

매주마다 습도 시료를 떠서 수분을 측정하는 한편, 1:1 현탁액에서 pH를 재고 별도로 습도 시료를 떠서 1N-KCl로 30분간 진탕, 침출(1:5)하여 NH_4 -N은 Indophenol-Blue 법 (농업기술연구소, 1988), NO_3 -N은 카드뮴환원법 (ASA, SSSA, 1982)으로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

Fig. 1은 수증 유기물이 시용된 토양에서 요소의 가수분해로 집적된 암모늄을 무요소 토양에 대비한 것이다. 그림의 왼쪽에는 수용성 유기물을, 오른쪽에는 고형유기물의 영향을 표시하였다. NH_4 -N은 처리한지 일주일이 되면서 많이 집적되었고 그후는 적어졌다.

집적량이 가장 많은 1주째를 보면 유기물은 암모늄의 집적을 약간씩이나마 줄였다. 그중에서도 아미노산 발효부산물액이 더 줄었으며 부식산과 볏짚분은 그 정도가 아주 미약했다. 큰 차이는 아니지만 첫주까지는 어분에서도 암모니아의 집적이 좀 좋다고 할 수 있을 것이다. 2주째에는 전체적으로 크게 줄었는데 유기물별로 보면 볏짚부분과 어분에서 표준구보다 좀

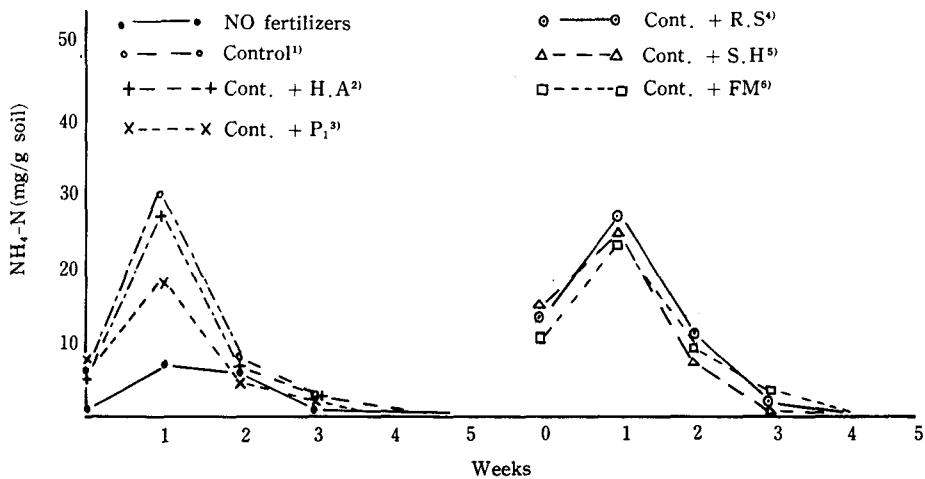


Fig. 1. Accumulation of ammonium as a function of incubation period.

- 1) (N, P, K) 2) Humic acid 3) Amino acid fermentation hypreveluct(P₁)
 4) Rice straw 5) Steamed hide 6) Fish mill

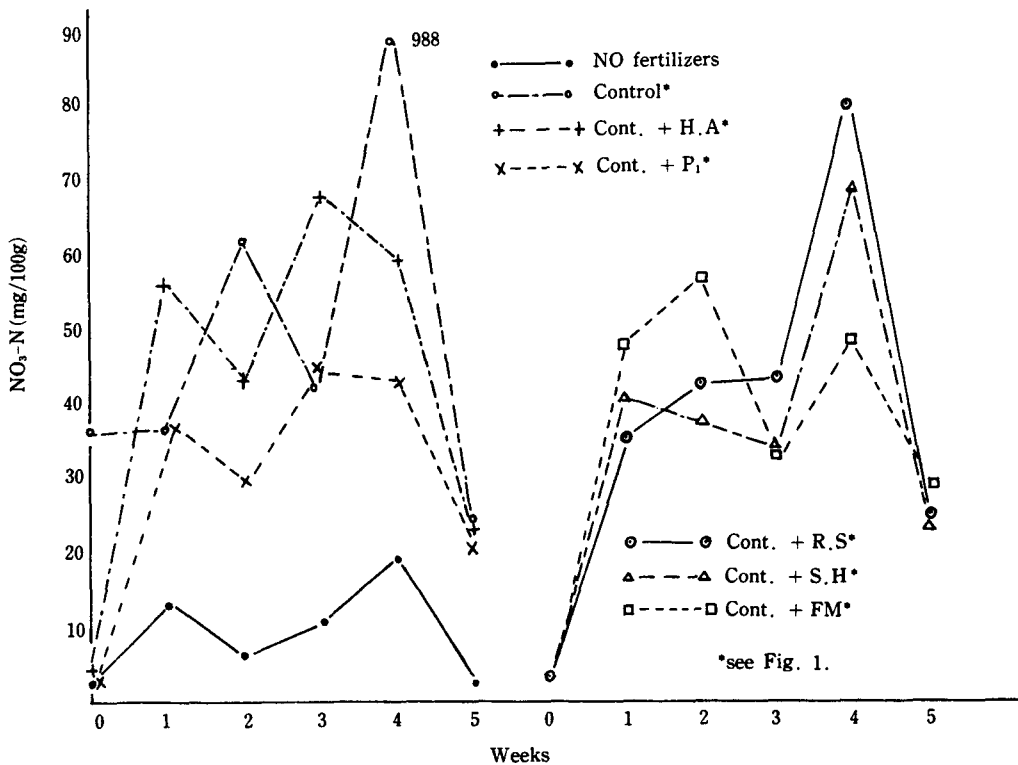


Fig. 2. Accumulation of $\text{NO}_3\text{-N}$ as a function of incubation period.

많은 편이고 3주이후는 모든 처리에서 다같이 크게 줄고 4주 이후는 거의 없어졌다.

Fig. 2에서 보면 질산의 집적은 처리별로 차이가 있으나 전반적으로 4주까지 점차 많아졌다가 5주째에는 거의 비슷한 양으로 적어졌다. 표준구에서는 아직 관수하지 않은 풍건상태로 둔 처리 다음날에 벌써 집적되었다. 이 현상은 김, 오(1990)의 시험에서도 확인된바 풍건 정도의 수분하에서도 질산화 작용은 꽤 진행된다는 것을 의미한다.

표준처리구에서는 2주재와 4주째에도 질산이 상당히 많아졌다. 반면, 유기물처리구는 질산의 집적이 줄었다.

그중에서도 아미노산 부산액 처리구가 더 심했고 어분처리구에서도 그런 경향이라 할 수 있다. 부식산은 다른 유기물보다 질산을 더 많이 집적시켰으며, 부식산은 시용량이 적어서 유기물로서의 역할, 즉 미생물의 에너지원으로서의 역할이 적었던 것 같이 생각된다.

벼짚과 증자피혁은 4주째에 $\text{NO}_3\text{-N}$ 집적을 크게 높였다. 이 등(1985)은 벼짚이 요소 분해효소를 활성화한다고 하였다. 3주까지는 벼짚의 풍부한 탄소원때문에 생성된 암모니아가 고정되었으나 4주째에는 탄소원의 고갈로 질산화가 왕성해진 것으로 생각된다.

이상을 요약하면 ① 염소를 함유하는 아미노산 발효부산액과 어박균, ② 부식산을 포함한 기타 유기물균 그리고 ③ 표준으로 분류할 수 있다. 이 분류는 질산화 작용이 염류농도 등 환경조건에 영향을 받는다는 사실(Krup & Vostal, 1983; 이 등, 1985; 조, 1984)과도 부합된다.

Fig. 3은 위에서 분류한 3개군의 평균 질소량으로, 아랫쪽은 $\text{NH}_4\text{-N}$ 를, 윗쪽은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 를 표시한 것이다. ①군이 ②군보다 $\text{NH}_4\text{-N}$ 집적을 약간이나마 줄였음을 볼 수 있다. $\text{NO}_3\text{-N}$ 에서도 ②군에서 보다 ①군에서 더 적다. 뿐만 아니라 후자에서는 2주 이후 전자와 같은 기복도 적었다. $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 집적은 유기물의 분해나 다른 군에 의한 유효 질소의 고정과 관련이 있다. 후자가 관련되는 경우, 에너지원이 소진되면 벼짚처리에서와 같이 $\text{NO}_3\text{-N}$

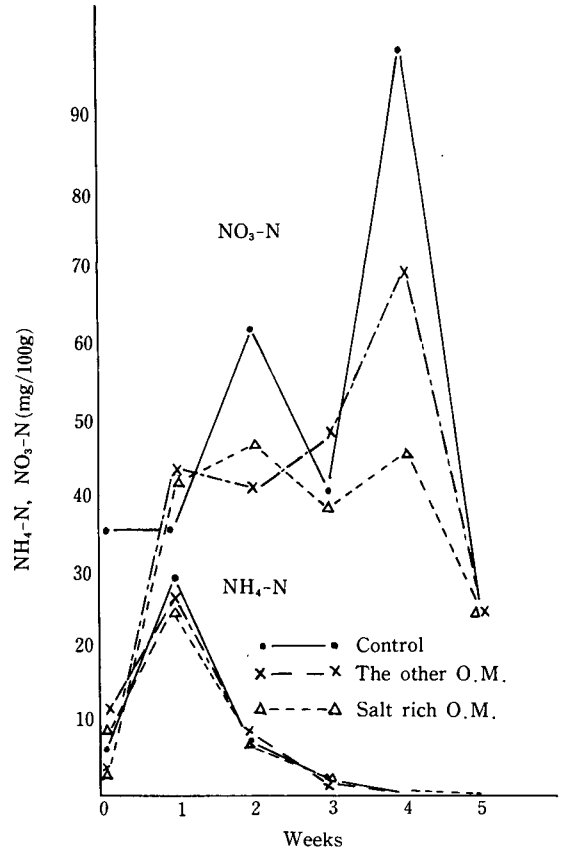


Fig. 3. Accumulation of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ as a function of incubation period

가 큰 폭으로 증가해야 한다. ①군에서 이런 현상이 나타나지 않은 것은 염류로 인하여 암모니아화가 지연되었음을 의미하는 것으로 생각할 수 있다.

Fig. 4는 특정 시험기간중의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 나 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 평균농도와 동기간중 습도의 평균 pH와의 관계를 표시한 것이다. a)는 아직 관수하지 않은, 비료처리 1일후의 시료를 포함한 1주째의 조사결과이다.

즉, 암모니아화 작용의 시작단계부터 왕성해질 때까지의 성격이다. 돌출된 두 점을 제외하면 $\text{NH}_4\text{-N}$ 가 많을수록 pH는 상승되고 있다.

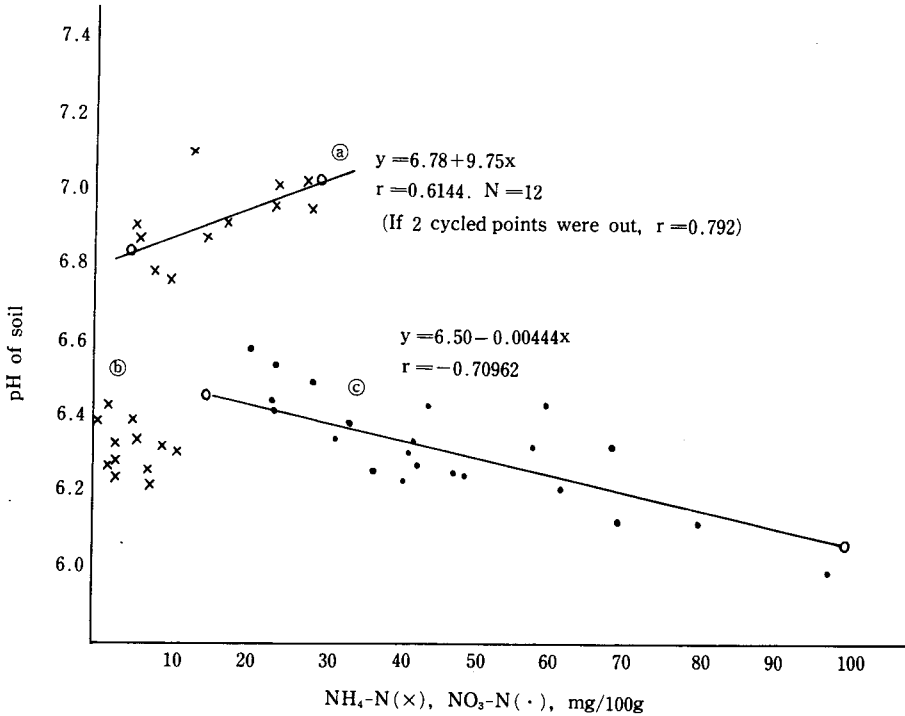


Fig. 4. Relationship between the accumulation of $\text{NH}_3\text{-N}$ or $\text{NO}_3\text{-N}$ and pH of incubated soil.

- Ⓐ At the soils not yet watering after fertilizer treatment and one week incubated
- Ⓑ At the soils incubated for 2~3 weeks
- Ⓒ At the soils incubated for 2 to 5 weeks

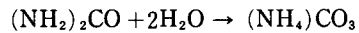
2~3주째의 결과 b)는 아주 흩어져서 상관관계가 전혀 보이지 않는다. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 의 대부분이 소비되어서 토양의 pH와는 상관이 없어진 것이다. 4~5주에 가서는 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 가 완전히 소진되어 버렸으므로 상관관계를 생각할 수도 없다. 그 반면 2주에서 5주까지의 평균 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ c)는 습토의 평균 pH와 밀접한 상관관계가 있다.

결국 요소의 분해 초기에는 암모니아의 집적으로 토양의 pH가 올라갔고 암모니아의 질산화가 진행됨에 따라 pH는 내려간 것이다. 여기서 질산이 소모되면 토양의 pH는 다시 올라갈 것이다.

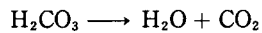
Fig. 5는 시험기간중의 습토의 pH 변화를 표시한 것이다. 비료의 사용으로 토양의 pH가 크게 떨어졌는데 1주째는 일단 올라갔다가 다음에 떨어졌고

$\text{NO}_3^-\text{-N}$ 가 적어진 (Fig. 1) 제5주째에 가서는 다시 올라갔다.

요소는 가수분해하여 우선 탄산암모늄이 된다. 이 암모늄염은

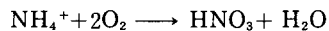


약알칼리성이며, NH_4^+ 가 토양콜로이드에 흡착되고 H_2CO_3 가 생성되더라도 수분이 적은 발조건하에서는 아래와 같이 바로 분해된다.



CO_2 로 휘산해 버리므로 토양의 pH는 약알칼리성 인체로 있어야 한다.

한편 암모늄은 산소의 존재하에서 다음과 같이 산화된다. 암모니아의 질산화는



pH의 영향을 크게 받아서 강산성에서는 아주 완만하고 pH 5.2~6.0에서도 순조롭지 못하다(오·김, 1990).

홍 등(1989)은 토양이 강산성일 때 암모니아의 질산화가 매우 완만하고 pH 7.7에서는 아주 빨라서 1주가 지나면 암모니아는 거의 다 없어지고 NO_3^- -N만이 집적된다고 하였다.

본 연구에서는 시험시작 1주째에 토양의 pH는 벌써 7.0내외로 올라갔다(Fig. 5a). 따라서 2주 이후 암모니아의 질산화는 아주 용이해졌다.

부식산과 아미노산 발효부산물액은 수용성 유기물이

고 벚짳, 증자피혁, 어박 등은 고형유기물이다. 이들 유기물이 토양 pH에 주는 영향을 다음과 같이 생각할 수 있다.

수용성이기 때문에 부식산과 아미노산 발효부산물액은 빨리 분해 소실되며 그 동안에 무기토양성분에 변화를 주어 pH를 약간이나마 높였을 것이다. 반면 고형유기물은 부식이 된다. 부식은 부식산뿐 아니라 분자량이 낮은 유기산도 함유하여 토양의 pH를 낮출 수 있다. 증자피혁이나 어분보다 벚짳이 더 많은 부식을 만들었으며(유 등, 1988; 정 등, 1989), 토양을 더 산성화 했음은 당연하다.

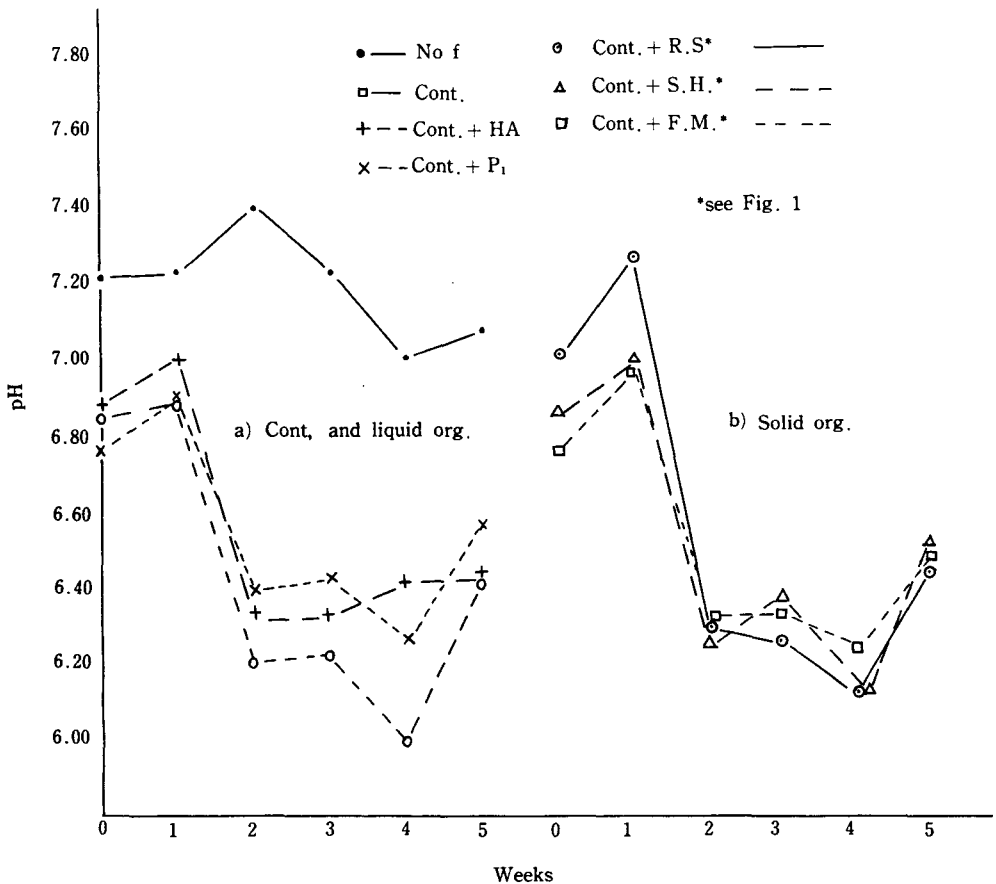


Fig. 5. pH of incubated soils as a functions of time elapsed.

IV. 적 요

요소의 암모니아화와 질산화 및 토양반응에 주는 수중 유기물의 영향을 밝히고저 유기물 함량이 적은 (<1.5%) 중성 양토에 무재배로 시험하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 요소의 암모니아화는 시비 관수한 1주일 동안에 가장 현저하였으며 그후 큰 폭으로 적어지고 4주 이후는 흔적 정도가 되었다. 암모니아의 집적으로 처리 1주째에 토양의 pH는 6.8~6.9에서 7.0~7.3으로 올라갔다.
2. 질산화 작용도 빨리 진전되어서 시비관수 1주일째에 암모니아의 집적량을 능가했고 그후 더욱 증가하여 4주째에 최고가 되었다가 5주째에 다시 떨어졌다. 질산의 집적이 토양의 pH를 7.0~7.3에서 pH 6.0~6.2로 낮추었으나 5주째에 가서는 질산이 감소하면서 pH는 다시 6.4~6.6으로 올라갔다.
3. 염류(특히 염화물)를 많이 함유하는 것으로 알려진 아미노산 발효부산물인 암모니아화 및 질산화 작용을 둔화시켰다.
4. 유기물의 시용은 비료의 토양산성화를 완화했으며 본 연구 범위(수용성 유기물의 시용량이 적음)에서는 수용성의 부식산과 아미노산 발효부산물의 영향이 고형유기물의 영향보다 컸다. 고형유기물 중에서는 벚짖분의 영향이 적었다. 수용성 유기물은 빨리 분해하면서 pH에 영향을 줄 광물질 토양성분에 변화를 주었는데 고형유기물, 특히 벚짖은 산성으로 변화하는 부식을 만들었기 때문으로 판단되었다.

V. 인용문헌

1. 류철현, 김종구, 박건호, 김성조. 1988. 한국토양비료학회지 21(3) : 264~271.
2. 정광용, 주영희, 김재정. 1989. 한국토양비료학회지 22(4) : 323~328.
3. 조강진, 문을호, 정연태. 1984. 한국토양비료학회지 17(1) : 77~81.
4. 오왕근, 김성배, 강안석. 1984. 한국토양비료학회지 17(3) : 253~257.
5. 이상규, 김영식, 황선용, 박준규, 장영선. 1985. 한국토양비료학회지 18(1) : 105~110.
6. 이상규, 한광남. 1984. 한국토양비료학회지 17(1) : 60~66.
7. 홍순달, 정훈채, 이운환, 김재정. 1989. 한국토양비료학회지 22(4) : 290~295.
8. 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법 61~62.
9. ASA, SSSA. 1982. Methods of Soil Analysis. part 2. 2nd ed. 679~682.
10. Buresit, R.J. and W.H. Patrick Jr. 1978. SSS Am. J. Vol. 42 : 913~918.
11. Knop, K. and Vostal. 1983. Potash Review. 1983. No.4. subject 4.