

## Evaluation of Nitrogen Mineralization and Nitrification in Soil Incorporated with Wine Sludge for Pepper (*Capsicum annuum* L.) Cultivation

Myoung Suk Shin · Joung Du Shin<sup>1</sup> · Hee Chun<sup>\*2</sup> · Yong Du Kwon<sup>3</sup> · Jong Sun Park<sup>4</sup>

Pyungchang Agr. Dev. Tech. Center, Pyungchang 232-803, Korea

<sup>1</sup>Div. of Agri. Eco., N.I.A.S.T., R.D.A, Suwon 441-100, Korea

<sup>2</sup>Div. of Protected Cultivation, Natl. Hort. Res. Inst., R.D.A. Suwon 441-440, Korea

<sup>3</sup>Dep. of Env. Eng., TongHae College., DongHae 240-713, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Applied Plant Sci., SangJi University, WonJu 220-130, Korea

### Abstract

This experiment was conducted to evaluate net mineralization and nitrification in rain shelter soil incorporated with wine sludge. Net mineralization and nitrification rates varied among treatments during pepper growing periods. In general, net mineralization increased up to 90 days after transplanting before its decrease during the rest growing periods. Maximum net mineralization and nitrification in upper 0-15 cm layer soil were observed in T4 at 90 days after transplanting. The greatest amount of mineralization in upper layer soil was  $272.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  at 30 days in the control and  $843.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  at 90 days after transplanting in T4. The greatest amount of nitrification in upper layer soil was  $872.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  at 90 days after transplanting in T4. Overall, both net mineralization and net nitrification were greater in the upper layer soil than in the lower 15-30 cm layer soil.

**Key words:** net mineralization, nitrification

\*Corresponding author

## 서 론

삶의 질이 향상됨에 따라 소비자들이 고품질 무공해 농산물 구매를 선호하게 되면서 시설재배와 유기농업에 종사하는 농가가 증가를 하였다. 뿐만 아니라 시설재배와 유기농업 농가의 증가는 토양의 성분함량의 중요성을 인식시키게 되었으며, 각종 농산 부산물인 기축분뇨, 왕겨, 톱밥을 비롯하여 제약회사 폐기 은행잎, 포도주 부산물, 폐하수 슬러지를 화학비료 대용으로 작물재배에 재활용하는 연구가 증가하였다. 지금까지 시설재배 및 유기농업에 있어 산업폐기물의 안정적 사용, 부산물의 재활용에 따른 생산량 증가, 염류집적 방지 등의 많은 연구들이 수행되었다(Lee et al., 1999; Sul et al., 1998).

일반적으로 유기성 폐기물의 토양사용에 대한 효과는 토양의 입단형성, 투수력 및 보수력의 증가, 지온상승, 양이온치환용량 및 토양 완충능 증대, 중금속 유해

작용 감소, 작물양분 공급효과, 유용 미생물의 활성증대, 유효인산 고정 억제 및 고등식물과 미생물의 기능을 돕는 호르몬과 비타민 분비의 촉진 등에서 그 효과가 있는 것으로 보고(Epstein et al., 1976)된 바 있으나 토양 중 질소 무기화 및 질산화 과정에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 환경을 보존하고 주변에서 발생하는 유기성 폐기물 또는 부산물을 순환적, 단계적, 합리적으로 유연성 있고 다양하게 재활용하여 시설재배의 토양 중 질소무기화 및 질산화 과정, 작물생육에 미치는 영향을 구명할 필요가 있다고 판단된다.

따라서 본 시험은 포도주 부산물을 퇴비와 혼합처리하였을 경우 토양 중에서 질소 무기화 및 질산화 과정을 구명하기 위해 수행하였다.

## 재료 및 방법

시험에 사용된 토양의 이화학적인 특성은 Table 1과

**Table 1.** Chemical properties of the soil used.

pH (1:5)	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	O.M. (%)	Exchangable cations (cmol <sup>+</sup> ·kg <sup>-1</sup> )			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> )
			K	Ca	Mg	
6.64	2.34	5.6	3.656	13.061	5.231	160

**Table 2.** Amount of composted pig manure mixed with wine sludge.

Treatment	Amount applied
C	2,000 kg · 10a <sup>-1</sup> of composted pig manure
T1	200 kg · 10a <sup>-1</sup> wine sludge mixed with 2,000 kg · 10a <sup>-1</sup> composted pig manure.
T2	400 kg · 10a <sup>-1</sup> wine sludge mixed with 2,000 kg · 10a <sup>-1</sup> composted pig manure.
T3	200 kg · 10a <sup>-1</sup> wine sludge mixed with 1,000 kg · 10a <sup>-1</sup> composted pig manure.
T4	400 kg · 10a <sup>-1</sup> wine sludge mixed with 1,000 kg · 10a <sup>-1</sup> composted pig manure.

처리된 퇴비량은 Table 2에 나타난 바와 같다. 70일 동안 72공 플러그관에서 육묘된 부광고추(*Capsicum annuum* L. cv. Bukwang)를 강원도 평창군 소재 시설고추재배 농가 포장에서 2000년 5월 30일 흑색멀칭을 한 토양에 정식한 다음 표토층(0-15 cm)과 심토층(15-30 cm)으로 구분하여 정식 후 30일 간격으로 4회에 걸쳐 토양시료를 채취하였다. 이들의 토양화학 성분 분석을 위하여 80°C dry oven에서 5일 동안 건조한 후 2 mm체로 쳐서 저온 냉장 보관하였다. 토양분석방법은 농촌진흥청의 토양검정활용법(1991)을 참고로 하

여, 토양 pH(1:5)는이온 전극법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온은 1N-ammonium acetate로 침출한 후 Ion-chromatography(Dx500, Dionex)를 이용하여 Ca, K 및 Mg를 정량하였다. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 및 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 농도는 1 M KCl로 추출한 후 Kjeldahl 증류법을 이용하여 정량하였다. 그리고 총 질소의 무기화 및 질산화 양은 다음 수식에 의하여 산출하였다.

$$N_m = N(D_x - D_0)$$

$$N_m = N_0(D_x - D_0)$$

단, N<sub>m</sub>, 시설고추재배 토양의 총 질소 무기화량 [(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N(mg · kg<sup>-1</sup>))]

N<sub>0</sub>, 시설고추재배 토양의 총 질산화량

{NO<sub>3</sub>-N(mg · kg<sup>-1</sup>)}

D<sub>x</sub>, 정식 후 생육시기별 토양

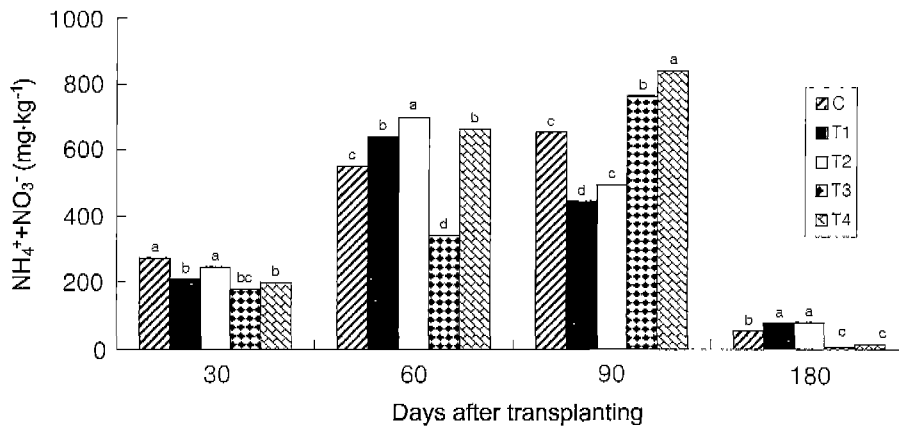
D<sub>0</sub>, 정식 전 토양

N, 암모늄태 및 질산태 질소 함량(mg · kg<sup>-1</sup>)

그리고 N<sub>0</sub>, 질산태 질소 함량(mg · kg<sup>-1</sup>)

## 결과 및 고찰

**1. 포도주 슬러지 첨가에 따른 토심별 질소무기화량**  
포도주 공정과정에서 소산된 슬러지를 고추 시설재배지에 기비로 사용함에 따른 표토층의 질소 총무기화량을 생육시기별로 Fig. 1에 나타내었다. 토양에서 미생물에 의하여 포도주 슬러지를 비롯한 유기물의 분해과



**Fig. 1.** Amount of net mineralization in the upper soil layer at different growing stages in different treatments. Values with different letters differ significantly at P = 0.05 level.

시설고추 재배 시 포도주부산물이 토양의 질산화에 미치는 영향

정에 따라 질소의 총 무기화량은 T1, T2 처리를 제외한 처리구에서 정식 후 90일에 정점에 달했으며, 점차 낮아져 180일에서는 정식 후 30일 보다 더 적은 경향을 나타내었다. 처리별로 보면 무처리구는 정식 후 90일에서 가장 높았다가 정식 후 180일에 가장 낮았다. 그러나 포도주 슬러지가 각각 200, 400 kg · 10a<sup>-1</sup> 이 처리된 T1, T2 처리는 정식 후 60일에 가장 높게 나타났다가 180일에 가장 낮아졌다. 또한 돈분발효퇴비 1,000 kg · 10a<sup>-1</sup>와 포도주부산물들이 각각 200, 400 kg · 10a<sup>-1</sup>이 처리된 T3, T4 처리에서는 정식 후 90일 까지 점차 증가되다가 감소되는 현상을 보였다. 돈분발효퇴비만 사용한 무처리구가 T1, T2 처리나 T3, T4 처리 보다 빨리 무기화가 진행되었음을 보여주고 있는데 Jung과 Shin(1981), Shin 등(1983) 그리고 Shin (1984)이 수도에서 시험한 결과 주정오나가 농가퇴비보다 질소의 무기화 속도가 비교적 빠르다는 보고와는 반대의 경향을 보였다. 즉, 본 시험에서는 농가퇴비로 많이 사용하는 돈분 발효퇴비의 수준이 1/2배인 T3, T4 처리에서 포도주부산물의 양에 관계없이 질소질의 무기화 속도가 느리게 나타났다. 이것은 포도주 슬러지가 내포하고 있는 유기 화합물에 의해 질소의 무기화가 지연되는 것으로 여겨진다. 그러므로 포도주 슬러지를 경작지에 환원하고자 할 경우 기비로 사용된 돈분 발효퇴비의 반량인 1,000 kg · 10a<sup>-1</sup>과 포도주 슬러지 400 kg · 10a<sup>-1</sup>를 사용한 T4 처리가 질소의 무기화를 지연시키기 때문에 환경 친화적인 방법이라고 사료된다. 그리고 토양에 사용된 슬러지가 토양양분의 공급원

이며 저장고의 역할을 한다는 Coleman 등(1983), Paul과 Vorony(1980)의 보고에 비추어 보면, 포도주 정제 후 슬러지를 400 kg · 10a<sup>-1</sup> 사용하고 돈분발효퇴비를 1,000 kg · 10a<sup>-1</sup> 사용한 T4 처리가 포도주 슬러지를 사용하지 않은 무처리구에 비하여 질소 무기화 및 질산화가 장기적으로 지속되어 고추에 있어서 생육 후기의 양분흡수에 도움을 주는 것으로 사료된다. 또한 Oh와 Lee(1971)는 표토층의 질소 무기화 현상은 작물 생육초기 뿌리에 의한 유기물의 무기화 작용과 생육초기 유기물 다량 함유로 인해 작물의 생육초기에는 질소의 무기화율도 적고 후기에는 높아진다고 하였는데, 포도주 슬러지의 첨가에 따른 표토층에서의 질소 무기화도 같은 현상을 보였다.

심토층(15-30 cm)에서도 정식 후 90일에 질소의 무기화율이 높았으나 표토층과 다른 양상을 보였다(Fig. 2). 즉, 정식 후 30일 보다 정식 후 60일에 질소의 무기화량이 약간 낮아지는 것을 보였다. 그러나 정식 후 90일에는 다시 질소의 무기화량을 회복하여 시설고추재배 토양의 암모늄태질소와 질산태질소의 합량이 대조구에 비해 T4 처리가 1035.5 mg · kg<sup>-1</sup>으로 가장 높았다. 심토층(15-30 cm)의 무기화는 표토층 보다 더 높은 현상을 보이고 있는데 작물이 성장하면서 근권부가 발달하게 되고 뿌리로부터 유기화합물이나 탈락 세포가 많아져 미생물수의 증가와 미생물 대사활성이 높아지므로 근권효과를 나타낸다는 松口(1987)의 보고와 일치한다. 또한 Newman(1978)은 작물의 근권에 유용한 미생물이 많으면 정균작용을 증가시켜 토

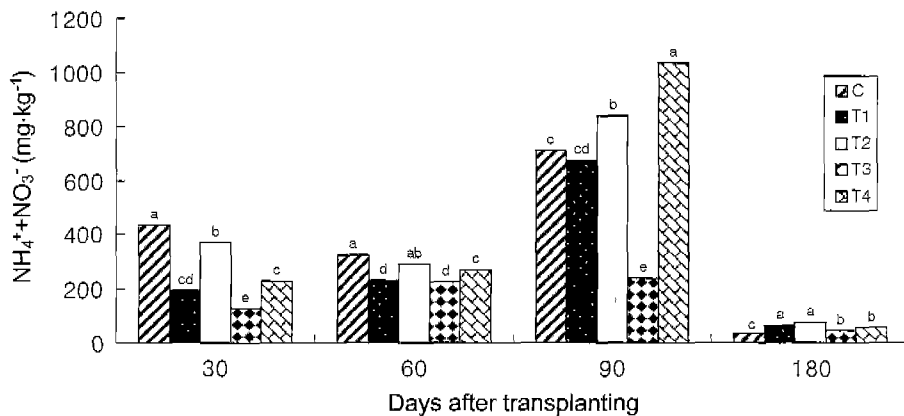


Fig. 2. Amount of net mineralization in lower soil layer at different growing stages in different treatments. Values with different letters differ significantly at P = 0.05 level.

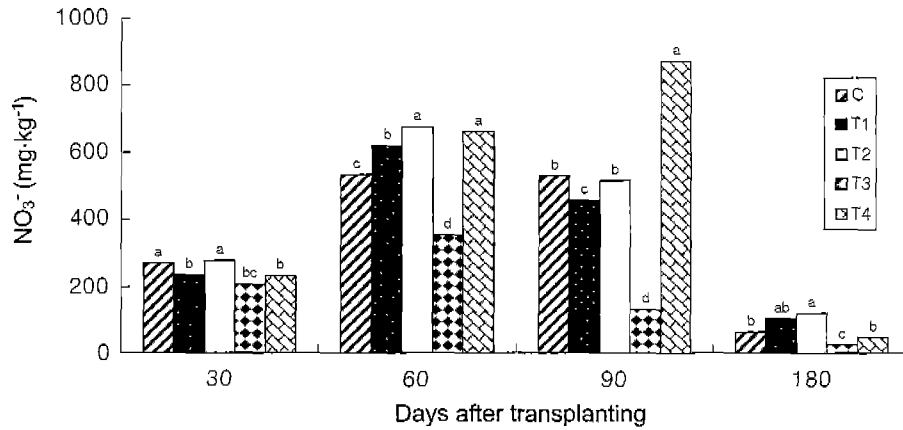


Fig. 3. Amount of nitrification in the upper layer at different growing stages in different treatments. Values with different letters differ significantly at P = 0.05 level.

양병원균의 생육을 억제하여 작물 생육을 양호하게 한다고 하였는데, 작물에 미치는 효과 여부는 추후 시설고추 생육상황을 정밀하게 분석하여야 될 것으로 여겨진다.

2. 포도주 슬러지 시용에 따른 토심별 질산화량

포도주 부산물의 첨가에 따른 장식 후 시기별 표토층(0-15 cm)의 질산화를 보면 Fig. 3과 같다. 심토층의 질산화도 Fig. 1의 표토층의 질소 무기화 현상과 비슷한 양상을 보이고 있으며, 정식 후 30일에서 무처리구 보다 T3, T4 처리가 질산화가 낮았으며, 정식 후 60일에서는 T3 처리를 제외한 모든 처리구에서 무처리구에 비해 높게 나타나고 있다. 그러나 정식 후

90일부터 다시 낮아져 정식 후 180일에는 매우 낮은 질산화를 보이고 있다.

모든 처리구가 정식 후 60일을 정점으로 질산태 질소량이 감소되는데 반해 T4 처리는 정식 후 90일에 872.2 mg·kg<sup>-1</sup>로 가장 높은 질산화를 보였으며, 90일까지 큰 폭으로 증가하는 추세를 보였다. 이러한 표토층의 질산화는 표토층의 질소 무기화보다 낮은 하지만 비슷한 경향을 나타내고 있다. 이러한 현상은 일반적으로 발 토양이 논토양 보다 산화가 잘 되어 질산태질소의 함량이 높은 것으로 여겨진다. 특히 T4 처리의 질산태질소량은 기간이 경과함에 따라 증가하여 정식 후 90일에 정점을 나타내었다.

심토층(15-30 cm)의 질산화는 Fig. 4와 같으며 표토

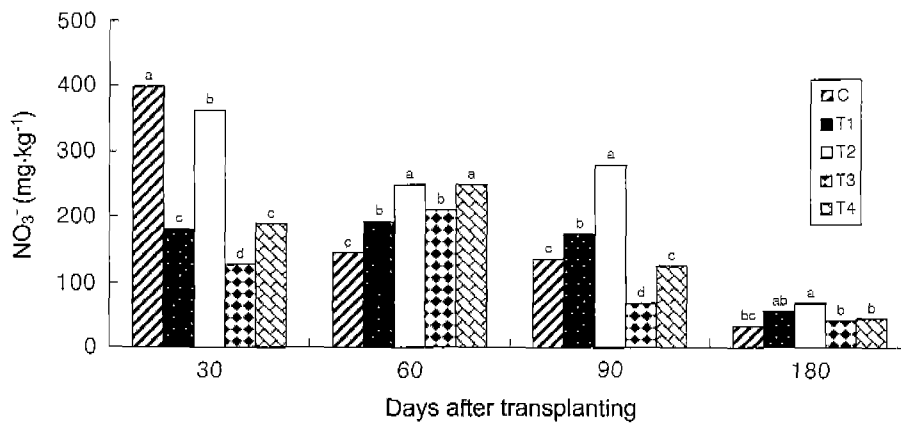


Fig. 4. Amount of net nitrification in the lower layer soil at different growing stages in different treatments. Values with different letters differ significantly at P = 0.05 level.

층의 질산화와는 다른 양상을 보였지만 전반적으로 정식 후 60일에서 질산화가 가장 높았다가 다시 질산화가 낮아지는 경향을 보였다. 그러나 무처리구는 처리시기가 경과함에 따라 질산화가 감소되었는데 정식 후 180일에서는 가장 낮은 질산화를 보였다.

정식 후 30일에 토양시료의 무처리구의 질산화는  $339.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 가장 높았으나 정식 후 60일에  $192.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 57.12% 감소한 반면, T4 처리는 정식 후 30일에  $188.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에서  $248.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 32% 증가하는 상반되는 현상을 나타내었다. 정식 후 60일에서는 T4 처리에서  $248.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 가장 높은 질산화를 보였으며, 정식 후 90일에서 T2 처리가  $279.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 가장 높았고, T3 처리는  $68.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 정식 후 90일부터 감소현상을 보였다. 이러한 심토층의 질산화 현상은 질소 무기화와는 다르게 나타났는데 질소 무기화는 대체로 정식 후 90일에 정점을 이룬 반면 질산화는 무처리구와 T2 처리를 제외하고 정식 후 60일부터 감소하는 현상을 나타내었다. 마지막 조사시기인 정식 후 180일에는 급격히 감소하는 현상을 보였는데 고추 생육에 따라 양분 흡수로 암모늄태질소 및 질산태질소가 감소되었으며, 일부 자연환경의 영향으로 조사시기의 미생물 활성온도가 낮아 무기화 및 질산화율이 낮아졌을 것으로 생각된다.

또한 본 시험의 심토층의 질산화량에서 T4 처리가 심토층에서 질산화가 낮게 나타났다. 이러한 것은 T4 처리의 유기물 함량이 많고 과습하여 심토층에서 토양 공극율이 저하되고 질산화에 관여하는 미생물 수의 감소와 미생물의 활성이 저하된 것에 기인하는 것으로 사료된다.

## Literature cited

1. Coleman, D.C., C.P.P. Reid, and C. Cole. 1983. Biological strategy of nutrient cycling in soil system. *Adv. Eco. Res.* 13:1-55.
2. Epstein, E., J.M. Tayer, and R.L. Chaney. 1976. Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. *J. Env. Qual.* 5(4):422-426.
3. Jung, K.Y. and J.S. Shin. 1981. Study on fertilization of industrial sludge. I. Resources search. *J. Kor. Soc. Soil Science & Fertilizer* 14(2):83-87 (in Korean).
4. Lee, S.M., I.S. Yoo, C.S. Lee, Y.H. Park, and M.H. Eym. 1999. Study on pig sludge decision in paddy field. *J. Kor. Soc. Soil Science & Fertilizer* 32(2):182-191 (in Korean).
5. Newman, E.I. 1978. Root microorganisms: Their significance in the ecosystem. *Biol. Rev.* 53:511-554.
6. Oh, W.K. and S.G. Lee. 1971. Studies on the effect of compost and fresh rice straw and paddy yield. *J. Kor. Soc. Soil Science & Fertilizer* 1(1):7-11 (in Korean).
7. Paul, E.A. and R.P. Vorony. 1980. Nutrient and energy flows through soil biomass. In *Contemporary Microbial Ecology*. Academic Press. London. p. 197-207.
8. Sul, K.S., B.J. Kim, O.K. Kwon, K.R. Cho, and C.G. Park. 1998. Effect of zink leaves sludge on hot pepper growth. *J. Kor. Soc. Soil Science & Fertilizer* 31(1):46-50 (in Korean).
9. Shin, J.S., D.G. Im, and G.S. Sung. 1983. Study on fertilization of agricultural sludge. II. Effect of wine sludge in paddy rice. *J. Kor. Soc. Soil Science & Fertilizer* 16(3):256-259 (in Korean).
10. Shin, J.S. 1984. Study on fertilization of industrial sludge. III. Effect of calcium application on field crops. *J. Kor. Soc. Soil Science & Fertilizer* 17(1):51-54 (in Korean).
11. 松口龍彦. 1987. 土壤微生物の根圏への定着條件研究 *ジャーナル*. 10(3):479-483.

신명숙 · 신중두 · 전 희 · 권영두 · 박종선

## 시설고추 재배 시 포도주부산물이 토양의 질산화에 미치는 영향

신명숙 · 신중두<sup>1</sup> · 전 희<sup>2</sup> · 권영두<sup>3</sup> · 박종선<sup>4</sup>

평창군농업기술센터, <sup>1</sup>농업과학기술원, <sup>2</sup>원예연구소, <sup>3</sup>동해대학, <sup>4</sup>상지대학

### 적 요

포도주 부산물이 혼합처리 시용에 따른 토양중 질소 무기화 및 질산화 과정을 구명하기 위해 평창군 비가림재배 시설하우스에서 수행하였다. 질소무기화 및 질산화는 심토층보다 표토층에서 높게 나타났다. 생육 전반에 걸쳐 총 질소 무기화 및 질산화량은 처리간에 다양하였지만, 전반적으로 총 질소 무기화는 정식 후 90일 까지 증가하였지만 그 이후로는 감소하였다. 표토층에 있어 최고 질소 무기화 및 질산화는 정식 후 90일에 T4구에서 관측되었다. 가장 높은 질소 무기화는 정식 후 30일에 무처리구에서  $272.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  과 정식 후 90일에 T4구에서  $843.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 나타났다. 또한 질산화량은 T4구에서 정식 후 90일에  $872.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 가장 높게 나타났다.

---

**주제어** : 총 질소무기화, 질산화