韓土肥誌(1991)
Vol. 24(3) : 165~170

砂壤土 및 壤土에서 土壤窒素 無機化에 미치는 石灰와 澱粉의 影響

尹淳康* · 李錫河* · 李明哲*

Effects of Lime and Starch Application on The Soil Nitrogen Mineralization in Sandy Loam and Loam

Sun-Gang Yun*, Suk-Ha Lee* and Myung-Cheol Lee

SUMMARY

Effects of liming and starch application on the soil pH and mineralization of organic nitrogen were compared to control at 30+/10℃ incubation for six weeks in two soil types(loam, sandy loam) adjusted with 80% of field moisture capacity.

1. While soil pH was increased abruptyl one week after incubation in loam applied with lime and lime+starch, it tended to decrease at control during incubation period. Liming on sandy loam increased soil pH, and application of lime+starch together showed high pH at first week of incubation which was lowered slowly after wards. Significant changes in soil pH was not detected at control or starch application only.

2. The content of NH_3-N in loam started to increse three weeks after incubation, and was maximized at fifth week. Positive correlation was shown at control during incubation period between soil pH and NO_3-N content. Level of NO_3-N content applied with starch or lime+starch was low compared to control.

3. The NH_4-N content was high when sandy loam was applied with lime+starch together. At the first week of incubation, the NO_3-N content was high at control or lime application.

緖 言

土壤중 전 질소는 地域과 土性에 따라 차이가 있으나 대략 98% 이상이 有機態窒素이며 1-2%가 植物이 利用가능한 無機態窒素(NH_4-N, NO_3-N, NO_2-N)로 구성되어 있다[2]. 이처럼 많은 비율을 차지하는 유기태질소들은 토양내에서 암모니아 化性作用 미생물들에 의한 암모니아화성작용을 통하여 NH_4-N 형태로 變換되고 다시 窒酸化作用 미생물들에 의하여 NO_3-N으로 재 변환된다[12].

무기화되어진 질소들은 植物 生育기간 동안 식물에 의하여 吸收되거나 또는 토양에 固定[9], 吸着[15]되며 일부는 土壤水의 下層移動시에 溶脫[17]되어지기도 한다.

토양에서 有機態窒素들이 무기화되어지는 정도는 토양 내 有機物의 C/N 比[1], 土壤水分 含量[14], 溫度[13], 및 토양 酸度[11] 등에 의해 좌우되며 무기화된 질소는 즉시 植物이 이용가능한 상태로 존재한다.

한편 草地에서는 일반적으로 밭 土壤에서 보다 有機物 含量이 높고 유기태질소의 1.82%(0.58~3.06

* 축산시험장(Livestock Experiment Station, RDA, Suwon, Korea)

%)[6]정도가 무기화되어지는 것을 감안할 때 無機化作用에 의한 窒素供給은 상당한 양에 해당될것이며, 식물생육에 기여하는 이들 무기화되어진 질소량도 對象草種과 土壤에 따라 차이는 있으나 매우 높을 것이다. 따라서 과잉의 질소비료 공급시 식물이 吸收하지 못한 시비 질소와 유기물에서 무기화되어진 질소들은 오히려 溶脫, 揮散되어 損失된다.

Warren등[16]은 토양분석 技術을 통하여 土壤 중 무기화될 수 있는 窒素含量을 推定하는 방법으로 窒素施肥量에 基準을 고려하여야 한다고 보고한바 있다. 이처럼 토양 중 질소 무기화작용에 대한 評價는 단순한 토양 窒素循環의 일부로서가 아니라 무기화된 질소의 效率을 고려한 觀點에서 재고되어져야 한다.

본 실험은 우리나라 초지에서 土性 構成比率이 높은[7] 砂壤土와 壤土를 공시하여 이들 토양에 石灰와 有機物源으로서 澱粉을 첨가한 뒤 30+/-0.1℃의 恒溫下에서 토양중 무기화되어진 무기태질소 함량과 恒溫에 따른 土壤 pH 변화를 調査하여 초지에서 窒素循環에 관한 基礎資料를 얻고자 遂行하였다.

材料 및 方法

1. 供試 土壤

본 實驗에 사용된 供試土壤은 우리나라 草地의 토성 構成比率이 높은[7] 土壤와 砂壤土로 이들 토양의 粘土와 모래함량은 顯著히 달랐으며 土壤酸度는 中酸性 및 弱酸性이고, Bray No.1-P와 전 질소 함량은 土壤間 차이가 컸으며, 기타 일반적인 土壤 理化學的 특성은 표.1과 같다.

2. 處理 內容

土壤 질소 무기화작용에 미치는 石灰와 澱粉의영향을 조사하기 위하여 무처리(Con.), 석회(Lime), 전분(Sta.), 석회+전분처리(Lime+Sta.)로 구분하였으며 供試 재료는 消石灰($Ca(OH)_2$)와 澱粉(Starch)을 사용하였다. 무처리는 2mm체를 통과한 토양만을 사용하였으며, 석회처리는 白給營養 窒酸化性菌의 生育에 최적 土壤酸度인 pH 7~9[8]에 도달되기 위하여 소요되는 석회량인 3%(w/w)로 하였고, 유기물(Sta.) 처리량도 3%(w/w) 수준으로 하였다. 그리고 석회와 전분의 相互作用에 따른 窒素無機化작용을 調査하기 위하여 석회+전분처리 (각 3%(w/w)를 두었고, 각 처리 공히 6반복으로 실시하였다.

Table 1. Physio-chemical properties of soil used.

Properties	Loam	Sandy loam
pH (1 : 5)	5.51	5.09
Bray No.1-P ppm	169.9	24.4
T-N %	0.129	0.014
NH_4-N ppm	2.8	1.9
NO_3-N ppm	17.5	5.1
min.-N/T-N %	1.79	3.88
O.M. %	2.55	1.17
Exch.cations		
Ca me/100g	3.02	0.59
Mg 〃	0.37	0.19
K 〃	0.25	0.11
Na 〃	0.09	0.06
C.E.C. 〃	11.4	7.54
Sand %	49.4	72.8
Silt 〃	30.3	21.5
Clay 〃	20.3	5.7

3. 恒溫實驗

2mm 체를 통과한 風乾토양을 각 5g씩 秤量하여 50mℓ(200mm×15mm)시험관에 넣고 처리 내용에 준하여 석회와 전분을 첨가한 뒤, 水分含量을 각 공시토양의 圃場溶水量 80% (토양수분장력, 약 -0.3bar)[10]가 되도록 증류수로 조절하였다. 각 시험관에는 通氣가 가능하도록 은박지를 사용하여 상부를 막고 恒溫機(30+/-0.1℃) 안에서 6주 동안 항온하였다. 恒溫기간 동안 시험관 내의 水分상태를 일정하게 유지하기 위하여 check tube를 두고 매 3일마다 損失된 수분을 check tube의 重量減少에 해당되는 양에 따라 공급하였다.

그리고 매 1주일마다 恒溫機에서 각 처리에 해당되는 시험관을 꺼내어 pH를 測定하고 무기태질소를 分析하였다. pH는 항온기에서 꺼낸 시험관에 증류수(1 : 5)를 넣고 잘 혼합한 뒤 硝子電極(Orion 920A pH/ISE meter)을 이용하여 측정하였으며, 무기태질소는 2M-KCl 용액을 侵出液으로 사용하여 (토양 : 침출액=1 : 10) 1시간 振湯한 후 Toyo No.6 여지로 여과하였다. 여액 중 일부를 취하여 먼저 MgO 하에서 NH_4-N을 증기증류하여 분석하고, 試料가 냉각되

기 전에 곧바로 2% sulfamic acid를 1㎖ 첨가한 후 Devarda's alloy 하에서 증기증류하여 NO_3-N을 分析하였다[3].

結果 및 考察

1. 恒溫기간 중 토양 pH 變化

토양 유기태질소가 무기화되고 다시 窒酸化작용을 통한 질소變換 과정들은 토양 pH에 의하여 직접적인 影響을 받을뿐 아니라, 암모니아化性과 窒酸化性 미생물들이 관여하기 때문에 질소변환과정에서 간접적으로 발생되어지는 H^+나 OH^- 이온들은 토양 pH 변화를 가져오게하는 要因이 되어지기도 한다.

土壤特性이 상이한 壤土와 砂壤土에 무처리, 석회, 전분, 석회+전분을 처리하였을때 항온기간 동안 변화되는 토양 pH는 Fig.1,2와 같았다. 무처리의 경우 壤土에서 항온 2주째 까지는 pH 변화가 거의 없었으나, 2주 이후에는 pH가 항온 전 보다 낮아지는 傾向을 보였고(그림.1), 砂壤土에서는 항온 1주째에 pH가 낮아졌다가 2주째에는 다시 높아졌으며, 그 이후에는 전반적으로 pH가 다시 낮아졌다(그림.2).

토양 窒素變換은 토양의 理化學的 특성차이와 밀접한 관계가 있으나, 무처리에서는 항온에 따른 pH 변화가 輕微하나 낮아지는 경향을 보였는바, 이러한 결과는 항온시 토양 pH가 항온 전 보다 낮아진다는 Dancer등[5]의 報告와 일치하였다. 토양에 석회를 첨가하였을때는 두 토양에서 모두 항온 1주째에 pH가 급격히 높아졌고(양토 : 7.88, 사양토 : 8.11), 항온기간이 經過됨에 따라 양토에서는 pH 변화가 매우 적었으나(7.88~8.11 평균 : 7.98), 사양토에서는 점차 높아지는 경향을 보였다.

微生物 에너지원을 供給하기 위하여 전분을 첨가했을 때는 양토에서 항온 1주일째의 pH가 항온 전보다 0.6 낮아졌고, 2주째부터는 다시 5.97로 높아졌다가 그이후에는 큰 변화가 없었다. 항온 1주째에 pH가 낮아진것은 絲狀菌이나 放射線菌에 의해 전분이 glucose로 신속히 分解와 동시에 發生되어지는 揮發成 유기산 生成에 基因된 것으로 간주되며, 2주 이후에는 항온기간이 경과됨에 따라 거의 평형에 도달되었다. 사양토에서는 항온기간 동안 항온 전의 pH와 거의 차이가 없었으며 무처리에서의 결과와 유사한 경향을 보였다.

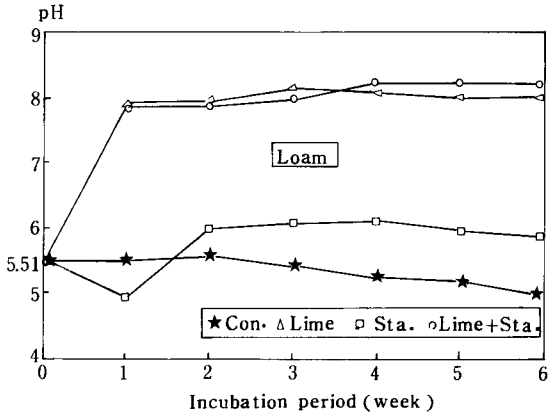

Fig. 1. Change in soil pH during incubation.

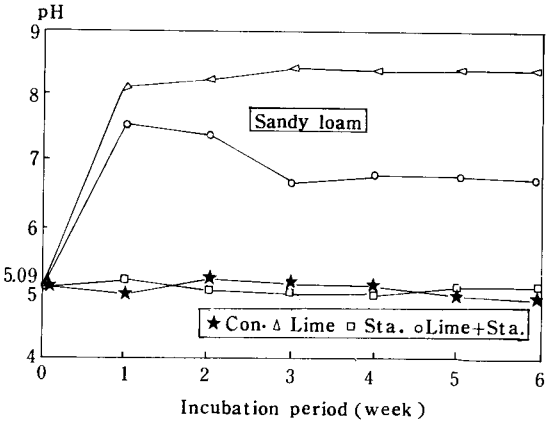

Fig. 2. Change in soil pH during incubation.

석회+전분처리시 양토에서는 石灰 효과가 두드러져서 석회만을 처리했을 때와 거의 동일한 pH 변화를 보였다. 이는 양토에서 土壤酸度 변화에 대한 緩衝능력이 전분분해시 발생 가능한 揮發性 유기산에 의하여 기인될 수 있는 pH가 낮아지는 것을 방지하기 때문이라고 생각되어진다.

2. 壤土에서 무기태질소 함량 變化

토양 내에서 窒酸化작용에 關與하는 미생물은 대부분 chemoautotrophic 들이며 이러한 部類의 미생물들은 NH_4^+나 NO_3^-의 酸化과정에서 발생되는 에너지를 이용하게되고 이중에 自給營養 窒酸化性菌들은 pH 4.5이하인 酸性토양에서는 활성이 급격히 낮아지

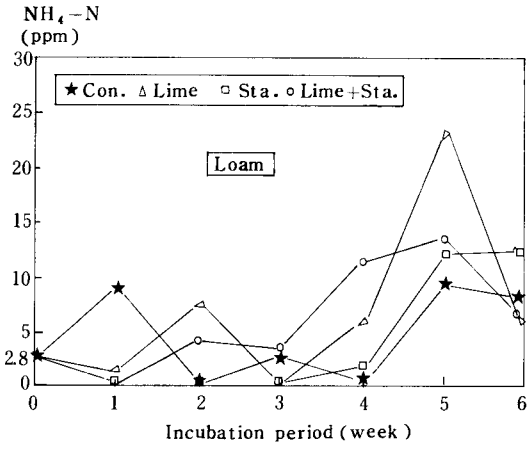

Fig. 3. Change in soil NH_4-N content during incubation.

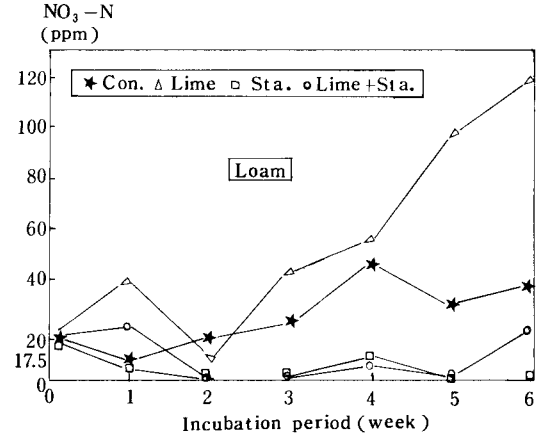

Fig. 4. Change in soil NO_3-N content during incubation.

며 pH 6.5에서 토양 내에 NO_3-N이 蓄積[4]된다. 土壤에서 석회 및 전분처리를 하고 항온처리를 하였을때 무기화되어지는 NH_4-N과 NO_3-N의 변화는 그림 3, 4와 같았다.

NH_4-N(그림.3)은 전체적으로 항온 3주까지 그 함량이 낮아 處理간의 차이가 적었으나, 4주부터 5주재까지 增加되었고 6주째는 낮아졌다. 그리고 5주째에 석회처리에서 NH_4-N 함량이 23ppm으로 가장 높았으며 다음이 석회+전분처리였고, 무처리에서 가장 낮았는데, 이러한 차이는 항온기간 동안 pH변화와 密接한 관계가 있으며, 실제 壤土에서는 pH변화에 대한 NH_4-N含量이 석회를 처리하였을 때에 有意한 正의 相關關係를 보여주고 있다(표. 2).

NO_3-N함량(그림.4)은 處理간의 차이가 NH_4-N와는 다른 傾向을 나타내고있다. 석회만을 처리했을때, 무기화된 NO_3-N은 1주째 增加되었다가 2주째에 減少되었으나 3주째부터 顯著하게 증가되어 6주째에는 118.9ppm 까지 도달되었는데 이러한 결과는 Dancer 등[5]이 報告한 토양 pH증가에 따른 NO_3-N蓄積에 관한 결과와 一致되었다. 그러나 항온기간 동안 석회처리에서와 비슷한 pH 변화를 보였던 석회+전분처리에서는 항온 1주째에 NO_3-N이 21.5ppm으로 증가되었으나 2주째부터는 오히려 NO_3-N이 무처리에 비하여 낮음으로서 Dancer등[5]의 보고와는 전혀 相反되는 결과를 보였다. 이것은 석회만을 처리했을때 pH 상승과 NO_3-N함량 增加 결과와 同一 토양에 대한 석회+전분처리시 석회효과에 의하여 pH는 上昇되었으나 NO_3-N함량이 낮았던 결과로 볼때 전분의 分解과정 동안 발생되어지는 여러가지 有機化合物의 影響이 窒酸化性 미생물 활성에 關與되어진 것으로 思料되며 이같은 推論은 전분만을 처리했을때 항온기간 중 토양 pH변화와 NO_3-N의 관계가 負의 相關關係(표.2)가 있음이 암시하여주고 있다. 또한 양토에서는 원래 토양 중 C/N比가 9.5 : 1였으나 전분을 처리함으로써 21 : 1로 증가되어서 무기화된 질소들이 오히려 미생물들에 의한 불용화작용 영향때문에[1] NO_3-N이 減少되어질 수 있는것도 看過할 수 없다고 생각된다.

Table 2. Relationship between pH change and inorganic nitrogen (NH_4-N, NO_3-N) content in incubated(at 30+/-0.1℃) soil applied with lime, starch(Sta.), and lime+Sta.

	Loam	Sandy loam
	pH	
NH_4-N	Lime(0.038*)	Lime+Sta.(-0.024*)
NO_3-N	Sta.(-0.027*)	—

무처리에서는 NO_3-N이 항온기간이 진전됨에 따라 漸進的으로 증가되었으며, 4주째에 NO_3-N이 42ppm으로 最大에 도달하였고 그 이후에는 감소되었다. 양토에서 항온 6주째 석회처리와 4주째에 무처리에서 NO_3-N함량이 각각 118.9ppm, 42ppm 였는데 이것은 항온 전 土壤 全窒素의 10.9, 3.72%가 무기화되어진 것이며, 土深 15cm 깊이를 기준할때 토양에 공급되

어진 窒素量은 23.14, 8.19kg N/10a에 該當된다. 이로써 석회처리 효과는 일반적으로 알려진 土壤反應 교정과 養分有效度 증진뿐 아니라, 토양 有機物에 함유된 유기태 질소의 무기화작용을 促進하여 토양 질소공급능력 증진효과가 있음을 推定할 수 있다. 그러나 무기화되어진 질소가 일부는 토양에 固定, 揮散되며 또는 溶脫, 脫窒되어 손실되므로 무기화된 질소의 식물에 대한 유효도는 정확히 推定하기 어렵지만 무기화된 질소의 일부는 식물생육에 寄與할 것으로 생각된다.

3. 砂壤土에서 무기태질소 含量변화

砂壤土에서 항온기간 동안 무기화되어진 NH_4-N은 전체적으로 壤土에서와 類似한 경향을 보여주고 있다(그림.5).

항온 3주 이후에는 모든 처리에서 NH_4-N함량이 增加되었는데, 處理別로는 오히려 석회+전분처리에서 pH와 NH_4-N 함량 간에는 負의 相關關係(표.2)를 나타내고 있으나, 실제 pH차이는 6.76~7.55(평균 : 7.00)로써 질소 무기화작용에 용이한 pH조건에 해당된다. 양토와는 토양 理化學的 성질이 현저히 다른 사양토에서 무기화되어진 NH_4-N함량이 석회+전분과 전분 처리에서 높았던것은 전분의 影響 때문인것으로 생각되어진다. 즉 석회+전분처리에서는 pH가 上昇하였으나 전분처리에서는 pH가 낮았던 사실을 감안할 때, 사양토에서 무기화되어진 NH_4-N은 pH 依存性외에 다른 요인이 관여한 것으로 思料된다.

NO_3-N함량(그림.6)은 양토에서와는 다른 결과를 보였는데, 무처리에서 항온 1주째에 NO_3-N이 22.4 ppm으로 가장 높았으며, 석회처리에서도 恒溫 전보다 증가되었으나 전분과 석회+전분처리에서는 감소되었다. 이러한 결과는 양토에서의 항온에 따른 NO_3-N 변화와는 상반된 것으로서 양토보다 모래함량이 顯著히 많은 사양토에서 良好한 通氣性은 항온초기에 酸化狀態 발달이 빠르며, 따라서 절대 好氣性인 自給營養 窒酸化性菌들에 의한 질소변환때문에 항온 初期에 NO_3-N함량이 높은 것으로 생각된다.

항온 1주 후에는 NO_3-N이 모든 처리에서 급격히 減少되었고 2,3주째는 NO_3-N이 전혀 檢出되지 않았다. 이것은 NH_4-N이 항온 2주째부터 감소되기 시작한것과 항온 1주째에 NO_3-N이 높았던 점을 감안할 때, 신속한 好氣性 질산화작용은 토양 내에 산소결핍을 유발하였고, 감소된 수분을 외부에서 供給함으로 토양 還元狀態가 발달되어 혐기성 脫窒作用을 통한 NO_3-N의 N_2O나 N_2로의 변환 때문에 기인한것으로 생각되어진다.

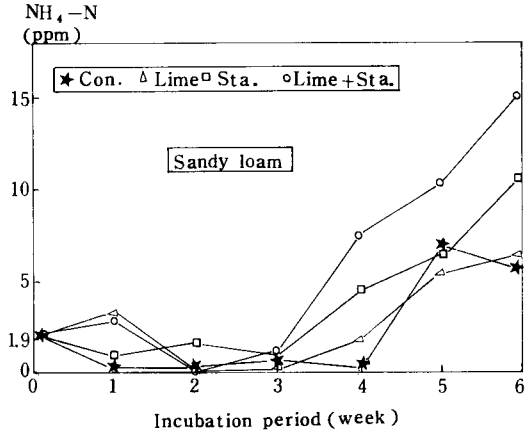

Fig. 5. Change in soil NH_4-N content during incubation.

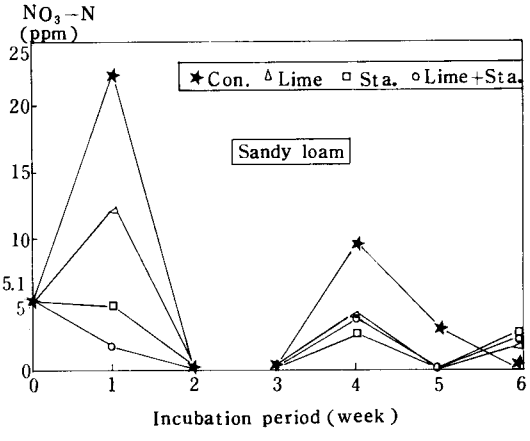

Fig. 6. Change in soil NH_3-N content during incubation.

이처럼 사양토에서 항온에 따른 NO_3-N함량이 多樣한 변화를 보이는것은 토양特性上 모래함량이 많으므로 保水力이 떨어지고, 따라서 항온기간 중 水分損失이 빠르며 토양내 酸化, 還元상태 변화가 양토에서 보다 쉽게 일어나므로 窒素變換 過程도 현저한 차이를 보인 것으로 생각되어진다. 또한 사양토에서는 원래 토양 C/N比가 88 : 1로 높았을 뿐아니라 전분을 처리함으로써 136 : 1로 현저히 높아져서 암모니아化性 作用을 통하여 遊離된 질소의 대부분이 미

생물의 immobilization에 의하여 不用化됨으로서 NO_3-N 함량이 매우 낮았던것으로 思料되며, 이러한 경향은 양토에서의전분, 석회+전분처리시 NO_3-N함량변화와 類似하였다.

摘 要

土性을 달리하는 두 土壤(砂壤土, 壤土)을 供試하여 무처리, 석회(3% w/w), 전분(3% w/w), 및 석회+전분처리를 하고 토양수분을 圃場溶水量의80%로 調節한 뒤 恒溫(30+/-0.1℃, 6周間) 처리하여 pH와 無機態질소함량 변화를 調査하였다.

壤土에서 항온에 따른 pH는 석회와 석회+전분처리에서 항온 1주 후에 급격히 pH가 增加되었고, 무처리에서는 항온 전보다 pH가 낮아졌다. 사양토에서는 석회처리시 양토에서와 類似한 pH증가를 보였으나 석회+전분처리에서는 항온 2주째부터 낮아졌다. 그리고 무처리와 전분처리에서는 恒溫 前과 큰 차이가 없었다.

壤土에서 NH_4-N은 항온 후 3주부터 增加되기 시작하여 5주째 最大値를 보였고 6주째는 다소 減少되었다. NO_3-N은 석회, 무처리에서 항온기간경과에 따라 pH上昇과 NO_3-N축적간에 正의 相關關係를 보였으며, 전분, 석회+전분처리에서는 오히려 항온 前보다 낮아졌다.

砂壤土에서 NH_4-N은 양토에서와 類似하여 항온 3주째부터 증가되었으며, 처리별로는 양토에서와는 달리 석회+전분처리에서 매우 높았다.

引 用 文 獻

1. Allison, F. E. 1973. Soil organic matter. Its role in crop production. Elevier, Amsterdam.
2. Bremer, J. M. 1965. Organic nitrogen in soil. Agronomy 10 : 93-149., Am. Soc. of Agronomy., Madison. Wisconsin.
3. Bremner, J. M., and D. R. Kneeney 1965 Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate, and nitrite. Anal. Chim. Acta. 32 : 485~495.
4. Cornfield. A. M. 1952. The mineralization of the soil nitrogen during incubation : Influence of pH, total nitrogen, and organic carbon contents. J. Sci. Food Agr. 3 : 343~349.
5. Dancer, W. S., L. A.Peterson., and G. Chesters. 1973. Ammonification and nitrification of N as influenced by soil pH and previous N treatment. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37 : 67~69.
6. Hynes, R. T. 1986. Mineral nitrogen in the plant-soil system. Academic press pY82~83.
7. 김영진, 박근제, 황석중 1991. 1990 試驗研究報告書. 畜産試驗場.
8. Morriel, L. G., and J. E. Dawson. 1967. Patterns observed for the oxidation of ammonium to nitrate by soil-organism. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 31 : 757~760.
9. Mortland, M., M., and A. R. Wotcott. 1965. Sorption of inorganic nitrogen compounds by soil materials. In Soil Nitrogen. p : 150~197. Am. Soc. Agron., Madison. Wisconsin.
10. Myers, R. J. K., C. A. Campbell., and K. L. Weier 1982. Quantitative relationship between net nitrogen mineralization and moisture content of soil. Can. J. Soil Sci. 623 : 111~124.
11. Nyborgs, M., and P. B. Hoyt. 1978. Effects of soil acidity and liming on mineralization of soil nitrogen. Can. J. Soil Sci. 58 : 331~338.
12. Rosswall, T. 1976 The internal nitrogen cycle between microorganisms, vegetation, and soil. In Nitrogen, phosphorous, and sulfur-Global cycle. p : 157~167.
13. Stanford, G., M. H. Frere., and D. H. Schwaninger. 1973. Temperature coefficients of soil nitrogen mineralization. Soil Sci. 115 : 103~107.
14. Stanford, G., and E. Epstein. 1974. Nitrogen mineralization-water relations in soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38 : 103~107.
15. Thomas, G. W. 1977. Historical developments in soil chemistry : Ion exchange. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 41 : 230~238.
16. Warren, G. P., and D. C. Whitehead. 1988. Available soil nitrogen in relation to fractions of soil nitrogen and other soil properties. Plant and Soil. 112 : 155~165.
17. Wild, A., and K. C. Cameron. 1980. Soil nitrogen and nitrate leaching. In Soils and Agriculture Vol. 2 : 35~70. Blackwell. Oxford.