

畚土壤의 磷酸緩衡液에 依한 地力窒素 評價에 關한 研究

安 相 培

Evaluation of Potentially Available Soil Nitrogen by Using Buffer Phosphate Solution of pH 7

Sang-Bae Ahn

SUMMARY

Laboratory experiments were conducted to estimate extractable nitrogen by buffer phosphate solution of pH 7. A series of experiment soils were a) Sandy soil applied with compost, lime, and Wallastonite every years for 32 years. b) Sandy soils with and without waterlogging for 70 days before transplanting. c) Normal soils produced high and common yields.

The results were summarized as follows:

1. Extractable organic nitrogen by pH 7 phosphate buffer solution was increased in order of NPK + compost > NPK > NPK + compost + lime + Wollast-onite > NPK + compost + lime > NPK + wollastonite > no fertilizer plot.
2. Extractable organic nitrogens at plots of NPK and NPK + compost were decreased as the growth stage processed regardless of treatments.
3. In case of normal soils having high and common yields the content of total N, organic matter and $\text{NH}_4\text{-N}$ were increased in high productive soil, while, only $\text{NO}_3\text{-N}$ content was increased in common productive soil.

Especially, there was a highly positive correlation between extractable total nitrogen and $\text{NH}_4\text{-N}$ content submerged for 4 weeks under incubated condition.

4. Organic nitrogen content of soil was increased on the condition of non-waterlogging, however, nitrogen uptake by rice plant was increased in waterlogged paddy.
5. The content of extractable total nitrogen increased in the order of normal soil, sandy soil, unmaturred soil, saline soil, and estimation of optimum nitrogen rates by extracted organic nitrogen was in order of saline soil, unmaturred soil, sandy soil, normal soil.

緒 言

地力이라는 概念은 作物生産에 關與하는 土壤의 化學的, 物理的 및 微生物的 性質의 綜合的인 性質을 나타내는 것이다.

土壤肥沃度는 土壤에 含有된 化學成分의 有效化에 따라서 差異가 있으며 그중 窒素有效化에 影響을 미치는 地力窒素에 더 크게 依存됨은 잘 알려져 있는 사실이다.^{3, 9, 11, 13)}

高收量畚에 接近되기 爲해서는 作土中 腐植含量이 많아야 될것이며 腐植 또한 地力窒素多少⁹⁾에 關係가 있다. 恒溫 澆水處理에 依한 地力窒素에 評價方法은 옛부터 널리 使用되어 왔는데 이것은 澆水土壤에서 一定期間 生成되는 無機化된 窒素量으로 評價¹¹⁾하게 되는데 無機化된 窒素는 作物이 吸收利用하는 窒素와 密接한 關係^{6, 7)}가 있다. 特히 地力窒素는 土壤生産力과 關聯이 클뿐 아니라 그 發現量과 發現時期가 生産力을 決定하는 主要因이 된다고 한다.⁵⁾ 그러나 恒溫澆水에

* 農業技術研究所 (Agricultural Science Institute, RDA, Suwon Korea)

依한方法⁴⁾은 窒素의 分析期間이 普通 3~4週 程度 걸리는 것이 하나의 缺點으로 指摘되고 있다.

從來에는 土壤有機態窒素의 化學的 組成에 對하여 Bremner 法¹⁾이 널리 活用되어 왔으나 有機化 窒素의 化學組成과 同窒素의 放出特性(兩無機化)과의 間에는 一定한 量的 關係가 認定되지 않는다고 하였다. 따라서 土壤의 有機化窒素가 pH7의 磷酸緩衝液에 依해 抽出되는 窒素가 量的으로 比較的 많을뿐 아니라 安定的으로 抽出되며 아울러 抽出되는 窒素가 水稻의 窒素 吸收와도 密接한 關係가 있다는 것이 認定되어³⁾ 畚土壤의 地力窒素가 pH7의 磷酸緩衝液에 依한 抽出窒素를 基準으로하여 評價하여도 無理가 없다고 報告한바 있다.

本 研究은 pH7의 磷酸緩衝液을 利用하여 砂質畚 2 個의 土壤과 白米 600 kg/10a 以上 收量을 낸 多收穫 畚土壤 및 隣近 普通畚土壤을 가지고 室內實驗한 結果를 報告하고자 한다.

材料 및 方法

本 試驗의 供試土壤은 32年間 化學肥料와 堆肥를 長期施用한 卽 同一肥料 및 改良劑를 連用한 砂質畚土壤, 移秧前 70日間 湛水處理와 無湛水를한 砂質畚土壤, 白米 600kg/10a 以上을 生産한 多收穫畚土壤, 隣近普通 生産畚土壤 및 普通畚 外에 3個 類型을 가지고 地力 窒素評價, 水稻生育時期別 地力窒素 消長, 地力窒素와 抽出窒素와의 關係 및 土壤類型別 地力窒素에 依한 窒素施肥量 推定 等を 調査하였다.

32年間 化學肥料와 堆肥를 長期 連用한 砂質畚土壤의 處理 內容은 表1과 같다.

한편 地力窒素評價法은 pH7 磷酸緩衝液에 依한 抽

Table 1. Treatment and application amount of amendments

Treatment	Amount of amendments application	Application period
kg / 10a		
1. No Fertilizer	-	-
2. *NPK (15, 8.6, 8.6, kg / 10 a)	-	1954~ '85
3. NPK + compost (C)	750	1954~'85
4. NPK + C + Lime (L)	39	1960~'85
(pH 6.5 Control)		
5. NPK + Wallastonite(W)	200	1968~'85
6. NPK + C + L + W		

*N : Ammonium sulfate P : Double superphosphate
K : Potassium

출窒素는 乾土 10g에 1/15M.Na₂HPO₄ 12H₂O와 1/15 M KH₂PO₄ 를 混合한 溶液 50 ml를 加하여 室溫에서 2時間 振盪하고 12,000 rpm 으로 10分間 遠心分離하고 抽出液中的 乳遊物은 No. 6 濾紙로 濾過除去하였다.

抽出液의 有機態窒素와 NH₄-N 含量은 켈달分解後 水蒸氣 蒸留法에 依하여 測定하고 암모니아態窒素는 酸化마그네슘 添加後 硝酸態窒素는 酸化마그네슘 添加 및 Devadas alloy 試藥을 添加後 各各 水蒸氣法에 依해서 測定했다.

抽出有機態窒素는 抽出有機態窒素와 암모니아態窒素를 合한 合量에서 암모니아態窒素만을 減한것으로 하였다.

結果 및 考察

1. 地力窒素 評價

表2는 32年間 同一肥料 連用畚土壤의 pH7 磷酸緩

Table 2. Nitrogen extracted by the phosphate buffer solution of pH7 in Sandy soil applied for 32 years

Treatments	Extracted nitrogen				pH of Extracted Solution
	T - N	Org - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	
— mg N / 100 g soil —					
No Fertilizer	4.2	3.8	0.4	Tracer	6.93
NPK	5.9	5.5	0.4	"	6.96
NPK + C	9.7	6.7	1.8	1.2	6.88
NPK + C + L	4.4	4.4	Tracer	Tracer	6.88
NPK + W	4.4	4.2	0.2	"	6.96
NPK + C + L + W	5.3	5.0	0.3	"	6.93

衡液에 依해서 抽出된 窒素이다.

抽出有機態窒素含量은 無肥區 보다는 3要素를 비롯한 堆肥, 石灰, 珪灰石을 施用한 區에서 높다.

各處理別로 볼때 3要素區가 無肥區에 比해서는 많으나 3要素와 堆肥混用區에 比해서는 顯著히 적은含量이었다. 이와같이 有機態窒素含量은 3要素에 堆肥混用區가 無肥區 및 3要素區보다 많을뿐 아니라 3要素에 堆肥混用區가 石灰나 珪酸混用區에서 보다 높았다.

이러한 結果로 볼때 堆肥施用은 土壤窒素을 增加시키지만 堆肥施用보다 石灰나 珪酸施用으로 減少된 原因은 水稻가 窒素吸收利用을 더 促進 또는 有效化시킬 結果로 생각된다.

따라서 地力窒素의 增進을 考慮할때 繼續的인 多量의 有機物을 連用함과 同時에 石灰나 珪酸物質을 施用함

이 合理的인 方法으로 判斷된다.

多收穫畚土壤과 隣近普通畚土壤의 抽出窒素을 보면 表3과 같다.

一般的으로 多收穫畚은 隣近普通畚土壤보다 有機物을 包含한 土壤改良劑의 施用量이 많다는 點과 高位收量畚 일수록 間斷灌水 等 灌溉水의 調節 및 深耕으로 作土深 等이 小은 勿論 土壤肥沃度가 높다.¹²⁾

이와같이 多收穫畚土壤이 隣近普通生産畚보다 NO₃-N 含量은 小은 反面에 T-N, Org-N 및 NH₄-N 含量은 39~78% 나 높은데 이들 成分들은 多收穫을 낼 수 있는 主要한 成分이 地力窒素임을 알 수 있다.

普通生産畚보다 多收穫畚土壤에서 NO₃-N가 小은 結果는 多收穫 水稻는 普通畚 水稻보다 硝酸態窒素를 더 많이 吸收한다는 報告와 一致된다.¹⁴⁾

Table 3. Nitrogen extracted by phosphate buffer solution of pH7 in the High productive and adjacent checked paddy soils

Soils	Extracted nitrogen				pH of Extracted Solution
	T - N	Org - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	
	mg N / 100 g soil				
High productive	7.27	5.71	1.32	0.33	6.94
Common productive	4.39	3.20	0.95	0.44	6.93

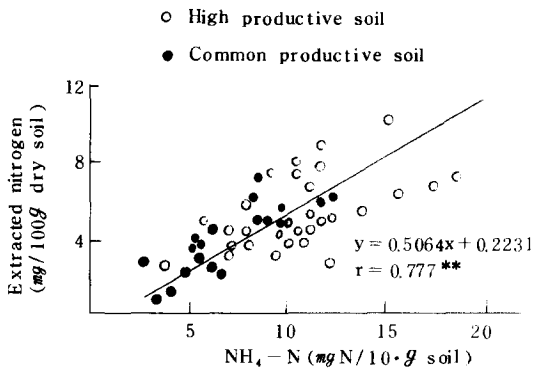


Fig. 1. Relationship between extracted nitrogen and mineralized nitrogen in soil.

그림 1은 多收穫畚土壤과 隣近普通畚土壤의 pH7의 磷酸緩衡液에서 抽出되는 全窒素과 4週間 灌水恒溫에 따른 無機化된 窒素과의 關係이다.

抽出全窒素과 灌水恒溫窒素와는 1%의 有意性이 있는 正의 相關이 認定되었다. 또한 앞에서 言及한바와 같이 多收穫畚土壤이 普通畚土壤보다 灌水恒溫窒素와 抽出窒素가 모두 많았다. 이는 多收穫畚土壤이 普通畚土壤보다 土壤窒素肥沃度 即 地力窒素가 높다는 것을 示唆하여 준다.

地力窒素과 土壤生産力의 關係에 대해서는 많은 研究者들의 報告가^{2, 6)} 있으며 그 發現量과 發現時期가 生産力을 決定하는 重要한 要因이 된다고 하였다.⁵⁾

2. 水稻生育時期別 地力窒素의 消長

同一肥料連用畚土壤에서 生育時期別로 抽出窒素의 消長을 3要素 單用區와 3要素와 堆肥의 混用區에서 본 것이 表4이다.

먼저 3要素 連用區에서 生育時期別 有機態窒素를 보면 試驗前에 比해 幼穗形成期에서 約22% 減少되었고 出穗期는 幼穗形成期보다 約16% 增加되었다.

또한 堆肥連用區의 抽出有機態窒素도 水稻生育이 經

Table 4. Extracted nitrogen at each growth stage in sandy soil applied for 32 years .

Treatments	Growth stage	Extracted nitrogen			
		T - N	Org - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N
		--- N mg / 100 g soil ---			
N P K	Before experiment	5.9	5.5	0.4	Tracer
	Earformation stage	5.4	4.3	1.1	"
	Heading stage	6.7	5.0	1.7	"
N P K +	Before experiment	9.7	0.7	1.8	1.2
	Earformation stage	9.0	5.6	2.5	0.9
Compost	Heading stage	6.7	5.1	1.7	0.1

Table 5. Content of Organic nitrogen and nitrogen uptake by rice plant in sandy soil with waterlogging and Without waterlogging

Growth stage	Extracted nitrogen		Nitrogen uptakes	
	Waterlogged 2)	Non - Waterlogged	Waterlogged	Non - Waterlogged
	--- mg N / 100 g soil ---		--- kg / 10 a ---	
D. A. T. 14 ^D	2.05	5.18	1.02 (115)	0.88 (100)
Earformation stage	3.36	5.74	7.22 (134)	5.38 (100)
Heading stage	3.99	5.81	8.53 (108)	7.88 (100)

1) D. A. T : Days after transplanting

2) Waterlogged days : 3.20~5.30

過함에 따라 減少되어서 出穗期 抽出有機態窒素는 試驗前에 비해 76% 높은값을 나타냈다.

이와같이 水稻生育期間中の 抽出有機態窒素의 消長 經過가 處理 및 生育時期에 따라 다르다는 것은 水稻의 窒素吸收力의 差異外에도 3要素連用에 비해 堆肥連用으로 水稻의 根活力이 生育後期까지 높게 維持되어 窒素吸收量이 많아진 때문으로 생각된다.

이는 表5의 移秧前 70日間 湛水과 無湛水土壤에서 水稻의 窒素吸收 經過樣相의 差異에서 보아도 알 수 있다.

한편 抽出 암모니아態窒素는 3要素連用區에서는 有機態窒素와는 反對로 試驗前土壤에 비해 幼穗形成期, 出穗期로 生育時期가 經過함에 따라 增加하였으나 3要素와 堆肥連用區는 幼穗形成期까지는 增加되었으나 그以後 出穗期에는 減少되어 試驗前土壤의 NH₄-N와 비슷한 含量을 維持하였다.

NO₃-N는 3要素 連用區에서 볼때 生育時期에 따라 微量으로 抽出되어 큰 差異를 보이지 않았으나 3要素와 堆肥連用區는 試驗前에 비해 出穗期까지 약간씩 減少되고 있다.

以上的 結果로 미루어 보아 水稻生育期間의 地力窒

素는 動的으로 變動된다는 것과 堆肥連用土壤의 地力窒素는 3要素 單用區보다 水稻에 依하여 더 많이 吸收된다고 생각된다.

表5는 砂質畚土壤을 供試하여 移秧前 無湛水區와 70日間 湛水한 區에서의 土壤有機態窒素含量과 水稻의 窒素吸收量을 比較한 것이다.

移秧前 70日前 湛水한 土壤이 無湛水한 土壤에 비해 全生育期에 걸쳐 有機態窒素含量이 31~60%가 적은 反面 稻體中の 窒素吸收量은 8~34%가 많았다.

이 事實은 土壤中에 有機態窒素含量이 적을수록 窒素吸收量은 增加되고 土壤中에 有機態窒素含量의 殘存量이 많을수록 窒素吸收量은 적어져 湛水과 無湛水間에 有機態窒素 含量과 窒素吸收量에는 서로 相反되는 關係가 있음을 알수있다.

以上的 結果로 볼때 pH7의 磷酸緩衡液에서 抽出되는 窒素化合物은 難分解이라기 보다는 利用되기 쉬운 易分解性의 化合物이 主體가 됨을 內包하고 있다.

3. 畚類型別 地力窒素 및 窒素施肥量

畚類型別 抽出窒素를 보면 表6과 같다.

土壤의 抽出全窒素는 畚土壤類型에 따라 差異가 있어서 乾土 100g當 5.5~6.6mg의 範圍로 普通畚>砂

Table 6. Extracted nitrogen in different soil types

Soil types	Extracted Nitrogen				pH of Extracted Solution
	T - N	Org - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	
	— mg N / 100 g soil —				
Normal	6.6	4.3	1.8	0.5	6.81
Sandy	6.2	4.3	1.8	0.1	6.91
Unmatured	5.5	3.7	1.8	tracer	6.87
Saline	0.4	0.4	tracer	tracer	7.05

Table 7. Estimation of optimum N-fertilizer by extracted Organic-nitrogen at different soil types

Soil types	Organic - nitrogen (A)	N uptakes for Expected yield (500 kg / 10a) (B) (kg / 10 a)	Efficiency of absorbed (N) (%)	cpt. N rates (C) (kg / 10 a)
Normal	6.6	10	30.2	11.3
Sandy	6.2	10	28.3	13.4
Unmatured	5.5	10	27.0	16.7
Saline	2.4	10	25.0	38.4

質畝>未熟畝>鹽害畝의 順位로 普通畝에서 가장 많았다.

本試驗結果와 文¹⁰⁾의 畝類型別 土壤生産力에 對한 研究에서 抽出 全窒素는 土壤生産力과 關聯性이 있는 것으로 생각된다.

表 7은 一般系 水稻品種에 對한 畝類型別 地力窒素에 依한 窒素施肥量을 推定해 본것이다.

窒素施肥量 算出은 表 6에서 提示한 地力窒素(A)와 白米 500 kg 生産時 必要한 窒素吸收量(B) 및 窒素利用率을 考慮하였다. 卽 窒素施肥量은 B-A의 값에 畝類型別로 各各 다른 N利用率을 適用算出하였다. 算出된 N施肥量은 10a當 普通畝 11.3kg, 砂質畝 13.4 kg, 未熟畝 16.7kg 및 鹽害畝 38.4kg이다.

이 結果는 普通畝과 砂質畝는 現行 一般系品種의 施肥基準과 거의 一致되고 있지만 未熟畝과 鹽害畝는 相當히 높은 水準이다.

一般的으로 未熟畝과 鹽害畝는 有機物 및 磷酸含量이 적어 土壤肥沃度가 낮은 狀態이므로 現行施肥基準을 上廻하여야 할것으로 判斷된다.

以上과 같이 地力窒素로 본 水稻에 對한 窒素施肥量을 推定해 보았으나 이것은 다만 地力窒素와 吸收量 및 利用率을 根據로 한것이기 때문에 實際施肥量 決定에 關聯되는 要因인 氣候, 地帶, 土性, 品種 및 栽培法 等

도 함께 考慮한 綜合的 檢討가 되어져야 할것이다.

摘 要

pH7 磷酸緩衝容液으로 抽出한 地力窒素를 몇개의 土壤에서 比較評價하기 爲하여 堆肥, 石灰 및 珪灰石을 32年間 長期連用한 砂質畝, 移秧前 70日間 灌水 및 無灌水한 砂質畝, 多收穫을 낸 普通畝 및 隣接한 農家の 普通畝를 室內條件으로 地力窒素評價, 地力窒素消長, 地力窒素와 抽出窒素와의 關係 및 畝類型別 地力窒素에 依한 窒素施肥量決定 等を 分析檢討하였던바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 同一肥料를 連用한 砂質畝에서 處理別 磷酸緩衝容液에서 抽出된 有機態窒素는 3要素+堆肥區, 3要素區, 3要素+堆肥+石灰+珪灰石區, 3要素+石灰+珪灰石區, 3要素+珪灰石, 無肥區 順位로 많았다.

2. 3要素 및 3要素+堆肥區 處理에서 生育時期別로 地力窒素 消長을 보면 處理에 關係없이 試驗前에 비해 幼穗形成期, 出穗期로 生育이 經過됨에 따라 有機態窒素含量은 減少되는 傾向이 있었다.

3. 多收穫을 낸 普通畝과 隣近普通畝에서 比較할때 T-N, Org-N, NH₄-N 成分은 多收穫畝, NO₃-N 는 隣近畝에서 많았다. 特히 4週間 灌水恒溫後 生成

된 $\text{NH}_4\text{-N}$ 와抽出된全窒素N와는 1%의 有意性이 있는 正의 關係가 있었다.

4. 湛水 및 無湛水한 砂質畝에서 土壤有機態窒素는 無湛水處理區에서 많았으나 稻體內 窒素吸收量은 反對로 湛水區에서 많았다.

5. 畝類型別 土壤의 抽出全窒素는 普通畝, 砂質畝, 未熟畝, 鹽害畝 順으로 많았으며 地力窒素에 依한 推定窒素施肥量은 反對로 鹽害畝, 未熟畝, 砂質畝, 普通畝 順位였다.

引用文獻

1. Bremner, J.M. 1965. Organic Forms of Nitrogen, Methods of Soil Analysis, Part 2, p. 1238-1255, American Society of Agronomy, U.S.A.
2. Dolmat, M.T., Patrick, W.H., Jr. and Peterson, F.J. 1980. Relation of Available Soil.
3. 樋口太重. 1981. 緩衝液による 有機化 窒素および土壤 有機態窒素의 抽出特性. 日土肥誌 52(6): 481-489.
4. 樋口太重. 1982. 有機物連用土壤의 地力窒素的인 評價. 日土肥誌 53(3): 214-218.
5. 樋口太重, 小野信一, 內田好哉, 古賀汎. 1983. 水田의 地力窒素의 不均一性および緩衝液による 評價.
6. 樋口太重, 內田好哉. 1984. 水稻作付期間における 水田土壤의 地力窒素의 消長. 日土肥誌 55(6): 507-513.
7. Kenney, D.R. and Bremner, J.M. 1966. Comparison and Evaluation of Laboratory Methods of Obtaining an Index of soil Nitrogen Availability, Agron. J. 58: 98-503.
8. 弘法建三, 上原秀夫. 1943. 稻作期間に於ける水田土壤의 肥沃化に就いて. 日土肥誌 17: 344-346.
9. 丸本卓哉, 甲斐禎昭, 吉田堯, 原田登. 1974. 易分解性 有機物の集積と微生物의 關係, 土壤의 易分解性 有機物に對する 微生物體 およびその 細胞壁의 寄與に對して (第2報). 日土肥誌 45: 239-246.
10. 文準, 嚴基泰, 尹瑄熙. 1981. 畝土壤의 形態的 特性과 潛在生産力과의 關係. 韓土肥誌 14(4): 174-178.
11. 鬼鞍豐, 吉野喬, 前田乾一. 1975. 稻作期における 土壤窒素의 有效化過程. 日土肥誌 46(7): 255-259.
12. 辛元教. 1984. 多收穫 畝土壤의 管理狀況과 理化學的 特性 分析. 韓土肥誌 17(3): 207-211.
13. 吉野喬, 出井嘉光. 1977. 土壤窒素供給力의 有效積算 溫度による 推定法に對して. 農事試報 25: 1-62.
14. 山崎傳. 1965. 米作日本의 技術解析. 一注目すべきミフ의 課題 カリミンボム(1963): 93-110.