

混播草地에서 Gypsum 處理가 牧草의 窒素 및 黃 化合物 造成과 土壤中 黃 均衡에 미치는 影響

尹淳康 · 黃石重 · 金在圭

The Effect of Gypsum Application on the Composition of Nitrogen and Sulfur Compounds in Mixed Pasture and on the Sulfur Balance in Soil

S. G. Yun, S. J. Hwang and J. K. Kim

Summary

The effect of gypsum application was tested on dry matter yield, sulfur uptaken, composition of nitrogen compound and sulfur compound and sulfur balance in mixed pasture.

Total dry matter yields and sulfur uptake by grasses increased with the increasing of gypsum application rates. The ratios between total nitrogen and total sulfur in grasses decreased with the increase of sulfur uptake at 2nd and 3rd cutting times. Cysteine content was little affected by gypsum while methionine content slightly increased an 4.0, 6.0 kg.S per 10a levels at 2nd and 3rd cutting times. The uptake of nitrate nitrogen decreased with gypsum application and dry matter digestibility increased about 1.1 to 3.3%.

The soil pHs after experiment become high in surface and subsoil till 6.0 kg.S per 10a, but low at 10.0 kg.S per 10a. The content of sulfur in surface soil was 19.9 ppm after experiment, but very high in subsoil, ranging from 94 to 143 ppm.S.

Sulfur leached from the surface soil by 0.69, 2.39, and 6.24 kg.S per 10a in the plots of 4.0, 6.0, and 10.0 kg.S per 10a, respectively.

I. 緒 論

黃의 植物에 對한 效果는 Liebig에 부터 제기 되었으며, Martin과 Walker¹⁾의 인용에 의하면 1905年 Dymond等에 依하여 最初로 옥수수 (*Zea mays*) 와 Red clover (*Trifolium pratense*)에 對한 石膏 處理로 收量 增加 結果를 얻었으며, 이에 對한 效果는 Ca²⁺에 依해서가 아니라 SO₄²⁻에 對한 效果임이 밝혀진 바 있다¹⁾

黃은 植物 生育에 있어서 必須元素이면서 多量元素로서 Sulphydryl 結合과 disulfide linkage를 形成하여 蛋白質 building-block 機能을 하고,¹⁾ 따라서 牧草는 一定比率의 黃을 必須의으로 要求하며 缺乏時에는 生育 不振으로 因한 收量 減少와 飼料價値 減少의 要因이 되기도 한다.

한편 Pumphery와 Moore¹⁷⁾ 및 Barmey等³⁾은 牧草에 黃을 施用함으로써 相當한 乾物收量 增加와

비단백태질소 含量의 減少로 飼料價値 向上에 미치는 黃의 效果를 시사한 바 있다. 그러나 大部分 이들 結果는 黃이 缺乏된 土壤에서 遂行되었거나 營養液 栽培下에서 黃의 濃度を 임의로 調節하여 얻어진 結果들이다. 實際 우리나라 土壤中에는 黃 含量은 郊外 地域이나 山鹿地의 土壤에서 各各 130, 92ppm SO₄²⁻로서²⁾ Jordan¹³⁾이 提示한 黃 缺乏 土壤의 基準인 9ppm, SO₄²⁻에 比하여 相當히 높은 水準이다. 그러므로 이러한 土壤條件下에서 牧草에 對한 黃의 效果는 收量뿐만 아니라 飼料價値 向上 側面에서도 評價되어야 하며 良質의 牧草 生産이라는 觀點에서 重要한 意味가 있다고 할 수 있다. 따라서 本 實驗은 土壤中에 黃이 缺乏되지 않은 混播草地에서 含黃物質인 石膏 處理가 牧草 收量과 窒素 및 黃 化合物 造成 내지는 黃의 施用에 依한 土壤 反應 變化를 檢討하기 爲하여 遂行되었다.

II. 材料 및 方法

本實驗은 水原 畜産試驗場內에서 '86年 秋播로 造成한 圃場에서 實施되었으며 供試된 牧草 草種과 播種量은 orchardgrass (*Dactylis glomerata*), tall fescue (*Festuca arundinacea*), Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*), red clover (*Trifolium pratense*), 그리고 alfalfa (*Medicago sativa*)를 各各 16, 10, 5, 2, 2, kg/ha 混播하였다. 試驗區 面積은 區當 6m² (2m×3m)로서 亂塊法 3反復으로 配置하였으며, 施肥管理로는 N은 尿素(46%) P₂O₅는 熔過磷(20%), K₂O는 塩化加里(60%)를 各各 成分量으로 28-20-24kg/10a/yr을 窒素 4回, 磷酸, 加里는 2回 年中 均等 分施하였다. 黃은 Gypsum(CaSO₄·2H₂O, S:17%, Solubility 30meg/l 25℃)으로써, 處理水準은 0, 2, 4, 6, 10kg·S/10a를 生育前과 1次 刈取後 2回 均等 分施하였다. 牧草中 全黃은 牧草 飼料를 0.5g 取하여 Chat Set에서 digestion한 뒤 Polyvinyl alcohol과 glycerine 存在下에서 比濁 定量하였고 全窒素는 Kjeldahl方法으로²⁰⁾ 定量하였다. 蛋白態 窒素와 蛋白質 黃은 牧草 試料 0.5g을 取하여 70% ethanol^{20,21)}存在下에서 digestion한 뒤 Whatman No. 42 濾過紙上에서 濾過하고 殘遺物을 取하여 乾燥후 시료로 使用하였다. 蛋白態 黃은 全黃方法과 同一한 方法으로 그리고 蛋白態 窒素는 Kjeldahl方法에 依하여²⁰⁾ 各各 定量하였다. 牧草 NO₃-N과 土壤中 SO₄²⁻-S는 各各 Ryan方法과¹⁸⁾ Hoefl方法¹¹⁾에 依하여 定量하였고, Cysteine과 Methionine은 autoamino acid analyzer로 定量하였다.

III. 結果 및 考察

實驗에 利用된 土壤의 理化學的 特性은 表1과 같으며, pH는 中酸性이었고, 土壤中 黃은 500ppm, P

Table 1. Chemical and physical properties of used soil

pH	OM	Exch. cations				P ₂ O ₅	S*	Soil texture
		Ca	Mg	K	Na			
(1:5)	%me/100g.....			ppm.....		
5.81	1.09	7.41	1.54	0.41	0.36	167	19.3	Loamy (Yaesan series)

*Calcium phosphate 500ppm, P. extractable

extractable S⁻로 19.3ppm이었다.

1. 乾物收量 및 黃 吸收量

混播 草地에서 Gypsum을 處理하였을 때 1, 2, 3次 全體 乾物收量은(表2) 處理 水準이 많을수록 增加되었으며, 無處理區의 乾物收量에 比하여 處理 水準間에 差異는 各各 37, 79, 135, 204kg·DM/10a 이었다. 또한 牧草 全黃 含量도 處理 水準이 높을수록 增加되었는데 10kg·S/10a 處理時0.286% S로 가장 높았다.

Table 2. Yield, sulfur content, and sulfur uptake by mixed pasture as influenced by the levels of gypsum application

Sulfur applied (kg/S/10a)	Yield of DM (kg/10a)	Total sulfur (% DM)	Pasture uptake of sulfur (kg S/10a)
0	1078	0.257	2.771
2	1115	0.263	2.936
4	1157	0.276	3.201
6	1213	0.280	3.396
10	1282	0.286	3.675

牧草中에 黃 含量은 乾物收量과 密接한 關係를 가지고 있으며¹⁶⁾ Rendig¹⁴⁾ Barney³⁾ Hoefl¹⁰⁾等도 牧草에 黃을 處理하여 그 結果로서 顯著的한 乾物收量 增加를 얻었고, 最大 收量에서의 牧草內 全黃 含量이 0.25~0.3%·S에 到達한다고 報告한 바 있다. 또한 牧草에 依한 黃 吸收 기작은 Michaelis and Menten Kinetic에 따르며, 特히 4℃ 以下에서는 다른 成分과 類似하게 吸收가 減少된다.⁹⁾

2. 窒素 및 黃 化合物 組成

牧草中에 全窒素 및 全黃 含量은 牧草의 飼料 價値 評價에 重要的한 基準이 될 뿐 아니라 黃이 缺乏時에는 높은 N/S 組成을 갖게 되며, 따라서 反芻家畜에 不利한 營養 不均衡을 招來하게 된다.^{10,11)} 牧草에 Gypsum을 處理함으로써, 1次 刈取때 N/S 率은 平均 10.5였고, 處理 水準間에 差異는 없었으나 2, 3次 刈取時에는 Gypsum 處理量이 많을수록 牧草內 N/S 率은 減少되는 傾向을 보였다. 이러한 結果는 Spencer¹⁹⁾等이 牧草에 黃을 處理하므로 N/S 率이 7.8까지 減少되는 報告와 거의 一致하였다.

Table 3. The ratios between total nitrogen and total sulfur in mixed pasture as influenced by the levels of gypsum application at different cutting times

Sulfur applied (kg S/10a)	T-N/T-S ratios		
	Cutting times		
	1 st	2 nd	3 rd
0	10.3	8.6	8.4
2	10.5	8.2	8.1
4	11.3	7.7	8.1
6	11.4	7.8	7.7
10	9.1	7.1	7.7

그러나 牧草는 草種別로 各各 다른 水準의 N/S 率을 가지며 大體적으로 豆科 牧草에서 N/S 率은 높으나 Center⁴⁾는 一般的으로 牧草 N/S 率이 17을 넘게 되면 黃의 缺乏 結果임을 시사하였으며 Allaway⁵⁾는 反芻家畜에 對하여 牧草 N/S 率이 10~15 以下가 바람직 하다고 報告한 바 있다. 그러나 牧草內에 吸收한 全黃은 90% 以上이 有機態로 存在하지만^{7,8)} 모두 蛋白態 黃으로 存在하지는 않는다.

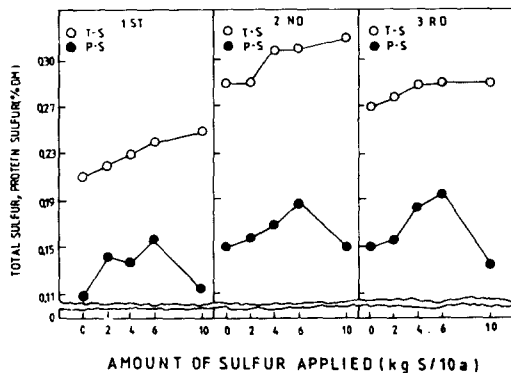


Fig. 1. The change of the total sulfur and protein sulfur contents in mixed pasture as influenced by the levels of gypsum application at the different cutting times

그림 1에서 처음 Gypsum 處理 量이 많을수록 牧草內 全 黃 含量과 蛋白態 黃은 增加되었지만 處理 量이 6kg·S/10a를 基準하여 그 以上에서는 오히려 蛋白態 黃이 急激히 減少되었다. 이것은 處理 量이 많을수록 吸收되는 SO₄ 量은 增加되고 그리고 牧

草內에 SO₄ 量이 많을 때에는 蓄積된 無機態 SO₄

Table 4. The ratios between protein nitrogen and protein sulfur in mixed pasture as influenced by the levels of gypsum application at different cutting times

Sulfur applied (kg S/10a)	P-N/P-S ratios		
	Cutting times		
	1 st	2 nd	3 rd
0	9.20	7.89	8.18
2	8.87	7.69	7.64
4	7.98	6.67	5.92
6	7.79	6.38	6.06
10	10.00	7.57	11.29

-S가 H₂S 形態로 還元되어²¹⁾ 實際 全 黃含量은 增加되지만 蛋白態 黃의 含量은 減少된 것으로 生 覺된다. 한편 牧草 蛋白態 窒素의 蛋白態 黃의 比率를 볼때(표 4) 2, 3次 刈理時에 共히 6kg·S/10a 까지는 蛋白態 黃이 增加되어(표 3) P·N/P·S 率 이 減少되었으나 10kg·S/10a에서는 相對的인 蛋白態 黃의 減少로 P·N/P·S 率이 增加되었다. P·N/P·S 率은 牧草 全 窒素, 全 黃 含量中에 蛋白質 構成에 關與하는 分率으로써 牧草의 蛋白質 評價에 매우 重要하며¹⁾ Lendig¹⁶⁾는 ³⁵S를 利用하여 알팔파에서 全 黃 中에 70~75%가 amino acid 形態임을 報告하여 豆科 牧草에서 黃의 重要性을 시사하였고, Gaines⁶⁾는 全 黃 中에 60~70%가 蛋白態 黃이며, 全 窒素 中에 30~40%가 蛋白態 窒素임을 報告한 바 있다. 牧草는 吸收된 SO₄를 還元하여 Cysteine을 合成하고 이것은 다시 Methioine으로 轉換되어 蛋白質 合成에 關與한다.¹⁾ 그림 2는 Gypsum을 處理 했을때 牧草中에 含黃 amino acid인 Cysteine과 Methioine 含量을 나타낸 것으로 Cysteine은 刈取間, 處理水準 間에 差異가 적었으며 Methioine도 큰 差異가 없었으나 4, 6kg·S/10a 處理區에서 輕微하게 增加되는 傾向이었다. 그러나 10kg·S/10a 處理區에서 크게 減少되어 同一한 處理水準에서 蛋白態 黃이 減少되는 것(그림 4)과 一致하는 結果였다. 또한 牧草內에 非蛋白態 窒素인 NO₃-N 含量이 減少되었으며 2, 3次 刈理時에는 Gypsum 處理 量이

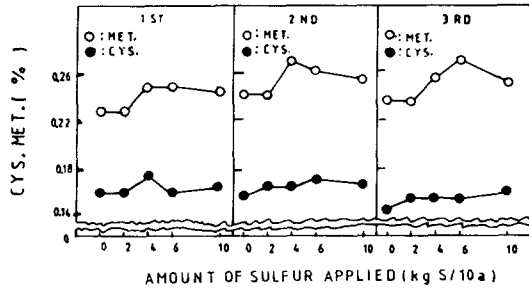


Fig. 2. The variations of cysteine and methionine contents in mixed pasture as influenced by the levels of gypsum application at different cutting times

많을수록 $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 顯著하게 減少되는 傾向이었다 (表 5).

Table 5. The changes of nitrate nitrogen contents in mixed pasture as influenced by the levels of gypsum application at different cutting times

Sulfur applied (kg S/10a)	$\text{NO}_3\text{-N}$		
	Cutting times		
	1 st	2 nd	3 rd
	----- % D. M. -----		
0	0.175	0.263	0.215
2	0.206	0.218	0.207
4	0.203	0.189	0.202
6	0.151	0.114	0.184
10	0.192	0.087	0.180

牧草는 吸收된 窒素를 同化하지 못하면 化蛋白質 窒素가 相當量 蓄積되며 그中에서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 주를 이루는데¹⁹⁾ 그 原因은 蛋白質 合成에 要求되는 適正量의 N, S 比率이 維持되지 못하기 때문이며 必要量의 S가 缺乏時에 過剩의 窒素가 $\text{NO}_3\text{-N}$ 形態로 蓄積되기 때문이다. 이러한 非同化 窒素가 蓄積된 牧草는 反芻家畜에 Nutritional unbalance 및 methemoglobine을 發生하는 要因으로 알려져 있다.

3. In vitro 乾物消化率

黃이 牧草 乾物 消化率 機作에 미치는 影響은 아직 밝혀지지 않았으나 Gypsum을 處理함으로써 乾物 消化率(表 6)은 2次 刈取때에 2, 4, 6kg·S/10a

處理區에서 1.1~1.3% 增加되었고, 3次 刈取때는 全 處理區에서 1.1~3.3%의 消化率 增加를 보였다 (表 6).

Table 6. The changes of dry matter and organic matter digestibilities as influenced by the levels of gypsum application at different cutting times

Sulfur applied (kg S/10a)	Digestibility					
	Cutting times					
	1 st		2 nd		3 rd	
	DM	OM	DM	OM	DM	OM
0	78.2	74.6	63.4	58.5	54.7	50.8
2	76.5	73.1	64.7	60.0	55.8	52.0
4	74.5	71.5	64.6	59.8	58.0	53.8
6	74.5	71.8	64.5	59.7	56.5	52.6
10	74.6	72.0	62.1	58.6	56.4	52.4

이것은 Goh⁷⁾와 Jones¹²⁾ 등의 實驗에서 黃을 處理하였을 때 乾物 消化率이 55%에서 60%까지 增加되었다는 報告와 類似한 結果였다.

4. 土壤 pH, SO_4^{2-} 와 Sulfur balance

Gypsum을 處理后 土壤 pH(그림 3, 4)는 表土, 深土 共히 處理量이 많을수록 높아 졌으나 10kg·S/10a區에서는 오히려 낮아졌는데 Gypsum은 強鹽이지만 여기에 包含된 Ca^{+2} 은 土壤 反應 中和力 效果가 있어서 6kg·S/10a 水準까지는 pH가 높아 졌으나 10kg·S/10a에서는 多量의 SO_4^{2-} 誘入으로 因하여 pH가 낮아진 것으로 生覺되며 한편 Hendrix⁹⁾는 pH 6.5에서 SO_4^{2-} 吸收가 最大로 이루어 진다고 報告한 바 있다. 한편 表土層에 $\text{S}^{=}$ 含量은 Gypsum 處理 水準間에 差異가 輕微하였으나 6kg·S/10a區에서 높았으며, 深土에서는 處理 水準間에 含量 差異가 매우 컸다. 表土에서와는 反對로 6kg·S/10a에서 가장 적었고 오히려 0kg·S/10a區에서 SO_4^{2-} 含量이 가장 높았다. 이것은 黃이 음하전을 갖기 때문에 土壤中에서 移動性이 매우 크며, 따라서 溶脫되어 深土層에 많이 分布된 鐵 및 알루미늄 酸化物에 依하여 吸着, 保衛되므로²³⁾ 試驗後에 深土層에 黃이 多量 分布되어 있는 것으로 生覺된다. 따라서 處理된 黃과 牧草에 依하여 吸收된 黃, 그리고 試驗後 土壤에 殘有된 黃의 關係로 부터 Sulfur

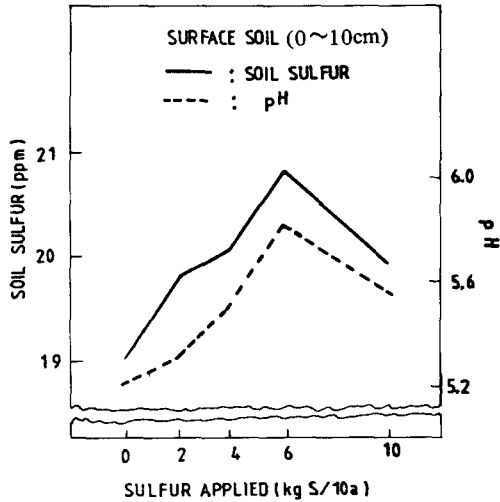


Fig. 3. The variations of the pH values and sulfur contents in surface soil after experiment

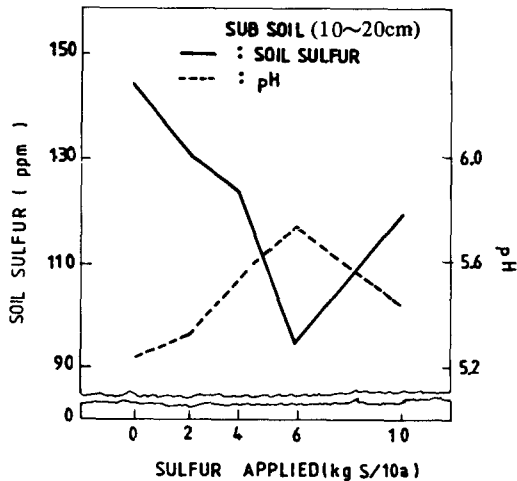


Fig. 4. The variations of the pH values and sulfur contents in subsoil after experiment

balance를 계산한 결과는 表7과 같다.

牧草에 의하여 土壤으로 부터 吸收된 黄은 Gypsum 處理量이 많을수록 增加되었으나 反面 土壤으로 부터 溶脱, 流失된 量도 同時에 增加하였다. 結論적으로 Sulfur balance 側面에서 考察할때 0, 2kg·S/10a區에서는 黄이 缺乏되었으며 4, 6, 10kg·S/10a에서는 各各 0.69, 2.39, 6.74kg·S/10a에 該當되는 量이 溶脱, 流失되었다.

Table 7. Sulfur balance

Sulfur ^a applied	Soil ^b sulfur before exp	Removal ^{c)} by pasture	Soil ^{d)} sulfur after exp	Sulfur* balance
kg S/10a				
0	2.501	2.77	2.47	-2.74
2	2.501	2.94	2.57	-1.01
4	2.501	3.20	2.61	+0.69
6	2.501	3.39	2.71	+2.39
10	2.501	3.68	2.59	+6.24

*) (a+b)-(c+d)

-) deficiency

+) leaching

IV. 摘要

混播草地에서 含黄物質인 Gypsum을 處理하여 牧草 收量 및 黄 吸收量과 窒素, 黄化合物 組成 그리고 Sulfur balance를 檢討한 結果는 아래와 같다.

全體 乾物收量과 黄 吸收量은 Gypsum 處理 水準이 높을수록 增加되었으며 10kg·S/10a區에서 0.286%·S로 가장 많았다. 그리고 T.N/T.S率은 黄 吸收量 增加로 因하여 2, 3次 刈取時에 減少되었다. Cysteine과 Methioine 含量은 4, 6kg·S/10a 區에서 Methioine이 輕微하게 많았고 10kg·S/10a 에서는 Methioine과 蛋白態 黄의 含量이 오히려 減少되었다. NO₃-N 含量은 2, 3次 刈取時에 크게 減少되었고 乾物 消化率은 1.1~3.3% 增加 되었다.

土壤 pH는 表土, 深土 共히 6kg·S/10a 水準까지는 높아졌으나 10kg·S/10a에서는 낮아졌다. 土壤中 S는 表土에서는 含量도 적고 Gypsum處理 水準間에 差異도 적었으나 深土에서는 差異가 甚하였고 相當量이 吸着, 保有되어 있었다. Sulfur balance는 4, 6, 10kg·S/10a區에서 各各 0.69, 2.39, 6.24 kg·S/10a가 溶脱, 流失되는 結果를 보였다.

V. 引用文獻

- Allaway, W.E. and T.W. Walker. 1966. Soil Sci. 101: 248-257.
- Aulakh, M.S., G.Dev., and B.R. Arora. Plant and Soil. 45: 74-80.
- Barney, P.E., L.P. Bush, and J.E. Leggett. 1984.

- Agron. Jour. 76: 23-26.
4. Center, D.M., M.B. Jones, and C.E. Vaughn. 1984. Agron. Jour 76: 65-71.
 5. Clinton, C.S., and W.A. Williams, 1984. Agron. Jour. 76: 35-40.
 6. Gaines, T.P., and S.C. Phatak. 1982. Agron. Jour. 74: 415-418.
 7. Goh, K.M., and K.K. Kee. 1978. Plant and Soil. 50: 161-177.
 8. Hall, E.H. Botanical Gazette. 401-411.
 9. Hendrix, J.E. Amer. Jour. Bot. 54: 560-564.
 10. Hoefl, R.G., and L.M. Walsh, 1975. Agron. Jour. 67: 427-430.
 11. Hoefl, R.G., L.M. Walsh, and D.R. Keeney. 1973. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37: 401-404.
 12. Jones, M.B., V.V. Rendig, D.T. Torell and T.S. Inouye. 1982, Agron. Jour. 74: 775-780.
 13. Jordan, H.V. and C.E. Bardley. 1958. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 22: 254-256.
 14. Lendig, V.V. 1956. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 20: 237-240.
 15. Martin, W.E. and T.W. Walker. 1966. Soil Sci. 101: 248-257.
 16. Milton, B.J. 1963. Agron. Jour. 251-254.
 17. Pumphery, E.V. and D.P. Moore, 1965. Agron. Jour. 57: 237-239.
 18. Ryan, M., W.F. Wedin and W.B. Bryan. 1972. Agron. Jour. 64: 165-168.
 19. Spencer, K., M.B. Jones and J.R. Freney. 1977. Aust. Jour. Agr. Res. 28: 401-412.
 20. Stewart, B.A. and L.K. Porter. 1969. Agron. Jour. 61: 267-271.
 21. Wilson, L.G., R.A. Bressan and D. Filner. 1978. Plant Physiology. 61: 184-189.
 22. 박준규 등. 1988. Intern. Symposium on Sul-
fur for Korean Agr. 31-38.
 23. 윤순강, 류순호. 1986. 한국토양비료학회지 19
(2): 107-113.