

신개간 山地土壤에서 중과석 및 용성인비의 시용이 混播牧草의 초기생육, 植生比率 및 收量에 미치는 영향 비교

鄭連圭

Effects of Double Superphosphate and Fused Phosphate Application on the Seedling Vigour, Botanical composition, and Yields of Grass/Clover Mixed Swards on Newly Reclaimed Hilly Soil

Yeun Kyu Jung

ABSTRACT

This pot experiment was conducted in order to observe the effects of double superphosphate and fused phosphate application(T₁; control, T₂; double superphosphate application, T₃; fused phosphate application) on the seedling vigour, botanical composition, and yields of grass/clover mixed swards on newly reclaimed hilly soil. The results obtained are summarized as follows:

At the grassland establishment, the seedling vigour and yields of grass-clover mixed swards were much better by the T₂ than the T₃. These favorable effects were more enhanced in white clover than orchardgrass. Compared with the T₂, the T₃ resulted in the gradual increase of botanical composition and relative yield of white clover according to the cutting order. With the consideration of these results, double superphosphate could be favorable for pasture establishment and fused phosphate could be favorable for pasture management fertilizers.

(Key words : Double superphosphate, Fused phosphate, Grass/clover mixed swards, Seedling vigour, Botanical composition, Yield, Newly reclaimed soil)

I. 서론

우리나라 地質의 약 2/3가 산성암인 화강암과 화강편마암으로 분포되어있다(Shin, 1972). 이런 지대에서 자라는 牧草는 보통 무기영양성분의 함량이 낮다(이, 1970). 더욱이 草地의 개발 대상지는 주로 미개간 山地로 이들의 토양 특성은 일반 耕作地에 비해서 토양의 이화학적 특성들이 매우 불량하다(농진청, 1974, 1982; 유, 1978; Weinberger, 1979, 1982; 허 등, 1984). 이러한 특성들과 관련하여 山地草地에서 목초

중 무기양분의 함량이 낮을 뿐만 아니라 養分간의 불균형이 초래되고 있다고 보고된 바 있다(정 등, 1982; 정과 이, 1986). 또한 牧草는 山野草와는 달리 수도에 비해서 단위면적 당 대략 N는 2.5배, P₂O₅ 1.2배, K₂O 3배, CaO 8.0배 및 MgO는 3.4배 정도로 양분 탈취량이 더 많은 多肥作物의 특성(農技會, 1967; 原田, 1979; 농진청, 1982; 정, 1984)을 보인다. 따라서 草地土壤의 비옥도 증진은 山地草地 개발에 검토되어야 할 기본과제가 된다.

인산(P)는 植物養分에서 필수 多量要素의 하

나이지만, 우리나라 신개간 토양 중 인산 함량이 매우 부족한 조건이다. 특히 신개간지의 인산 함량이 부족한 특성은 우리나라 地質의 약 2/3가 산성암인 화강암과 화강편마암으로 분포되어 있고(Shin, 1972), 이런 地質分布에서 유래된 토양 중에는 母岩의 특성으로 P, Ca, Mg, B 등 양분 함량이 특히 낮은 수준이라는 보고(Sheffer and Schachtschabel, 1973)와 부합되는 경향이다. 따라서 신개간 山地草地 조성시에는 3要素 중 인산이 가장 많은 8-20-7 kg/10a로 추천(농진청, 1982)되고 있고, 草地造成시 인산부족은 牧草의 정착이 극히 불량하다는 여러 보고(정과 이, 1980, 1987; Weinberger, 1982)가 있다.

草地에서 orchardgrass + white clover는 기본적으로 적합한 混播組合(Jung and Baker, 1973; Fischbeck et al, 1975)으로 우리나라에서도 많이 권장되고 있는 혼파목초 재배방법이다. 그러나 이들 混播栽培의 특성은 시비, 이용방법, 파종량, 기후조건 등에 따라서 크게 영향을 받는다. orchardgrass는 조기생육, 상번초/장초장, 빠른 재생육, 半陰地에 강한 특성을 보이며, white clover는 늦은 생육, 하번초/중초장, 보통 정도의 재생육의 특성을 갖는다. 또한 두 草種간 根系, 根深, 根量이 다르고 이는 混播 특성에 큰 의미를 갖고 있다.

본 시험은 우리나라 구릉지에 주로 분포한 신개간 山地土壤의 表土를 공시배지로 간이시험 방법인 pot 시험으로 수행하였으며, 수용성인 중과석과 구용성인 용성인비를 대조적으로 처리하여 두 인산비료 간 草地造成 초기 정착 단계에서 grass/clover 혼파목초의 초기생육, 식생/수량비율 및 乾物收量에 미치는 영향을 비교·검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시토양

pot 시험에 배지로 공시된 토양시료는 松汀統 토양(토양명: 저구릉 산지에 분포된 화강암에 기인된 적황색토인 잔적토로서, 토양조사 작도단위는 松汀 사양토 침식이 있는 7~15% 경사, Red & Yellow Podzolic Soil: Typic Hapludult)으로 미개간지인 토양의 表土(사양토 - 미사질 사양토)를 채취하여 가볍게 채로 거른 후 공시배지로 이용하였다. 공시토양의 화학적 특성은 표 1과 같다.

2. 처리내용과 관리방법

가. 처리내용

신개간 山地土壤에서 草地造成肥 소석회(125 kg/10a)와 3要素 표준시비 N-P₂O₅-K₂O; 8-20-7kg/10a를 기준(농진청, 1982)하여 이를 pot별 환산하여 동일량 시비한 조건에서 수용성 인산인 중과석과 구용성 인산인 용성인비 간의 肥效를 草地造成 초기 정착단계에서 비교·검토하고자 하였다. 처리수준은 1) T₁; 대조구, 3요소 표준시비량의 10% 시비, T₂; 중과석 시비, T₃; 용성인비 시비로 하였다.

나. 관리내용

공시된 pot는 높이 33cm, 지름 25cm인 1/2000a 크기인 Wagner pot를 사용하였으며, pot 배지는 pot 하부에 자갈 3kg, 다음에 모래 1.5kg를 넣었고, 상부에 신개간 山地土壤에서 채취된 表土 토양 15kg를 넣었다.

Table 1. Chemical properties of the soil used in pot experiment, sampled from the surface soil of newly reclaimed hilly soil(Songjung series)

pH	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cations			CEC	Base sat. (%)	T-N (%)
			Ca	Mg	K			
4.93	9.5	3.0	1.99	0.54	0.12	9.5	27.9	0.06

Table 2. Treatments and application amounts of double superphosphate and fused phosphate at establishment of grass/clover mixed swards

Treatments ¹⁾ (fertilizers used) ²⁾	Application amount of		
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Ca(OH) ₂	Fertilizers used
 kg/10a(mg/pot)		
T ₁ (control)	0.8 - 2.0 - 0.7	125 (6.25)	U (87) - DP (217) - PC (58)
T ₂ (U-DP-PC)	8.0 - 20.0 - 7.0	125 (6.25)	U(870) - DP(2,174) - PC(583)
T ₃ (U-FP-PC)	8.0 - 20.0 - 7.0	125 (6.25)	U(870) - FP(5,000) - PC(583)

¹⁾ T₁: control, T₂: double superphosphate application, T₃: fused phosphate application.

²⁾ U: urea, DP; double superphosphate, FP; fused phosphate, PC; potassium chloride(KCl),

草地造成 소식회(6.25g/pot) 및 처리별 3要素施用은 pot 준비를 완료한 후에 pot내 상부 흙의 1/3부분(약 5cm 깊이)을 대야에 다시 꺼낸 후 상술한 석회와 처리별 基肥를 토양과 잘 섞어서 다시 pot에 넣고 고르게 하였다. 초지관리용 追肥로는 매 예취 후 질소 8kg/10a 기준하여 요소 870 mg/pot를 그리고 칼리는 7kg/10a 기준하여 염가(KCl) 583 mg/pot를 공히 分施 하였다.

공시된 인산 肥料의 公正規格에 준한 특성을 보면 중과석은 수용성/속효성인 인산(P₂O₅) 함량이 약 46% 수준이고 주성분은 Ca(H₂PO₄)₂ 이며 화학적 산성, 생리적 중성 肥料이다. 용성 인비는 구용성/완효성 인산비료로서 인산(P₂O₅) 은 20%, 고토(MgO)는 12%, 가용성 규산은 20%, 붕소(B₂O₃)는 0.05%, 알카리분은 40% 수준이며 화학적 및 생리적 염기성 肥料이다.

牧草種子의 파종은 pot당 화분과 목초인 orchardgrass(*Dactylis glomerata* L.; var. Potomac) 320mg과 두과목초인 white clover(*Trifolium repens* L.; var. Regal) 80mg를 파종하였다. 파종방법은 석회 및 처리별 3要素 基肥를 사용한 후 表土 흙을 1컵 정도 뜨고, 표면을 고르게 하고, 여기에 牧草種子(4월 중순 파종)를 고르게 살포한 후 컵에 든 흙을 고르게 잘 복토하고 손바닥으로 가볍게 답압 하였다.

파종된 pot는 야외 이동식 간이포장에서 관리하였으며, 적합한 조건에서 물 관리와 잡초 제거를 하였다. 방목적기 생육기에 수확하였으며 총 3차 수확을 하였다. 토양 및 植物體 분석은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(농진청, 1983)에 준하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 토양 특성

표 1에서 보는 바와 같이 공시된 신개간 山地土壤의 화학성(비옥도)이 매우 불량하였으며 시험전 이들 특성을 草地土壤 적정함량수준(農技會, 1967; 정, 1984)과 연관하여 공시토양의 화학성 ↔ 적정수준과 대비하여 보면 다음과 같다. 토양 pH는 4.9 ↔ 6.0, 有機物 함량 0.95 ↔ 2.00%, 유효인산 함량 3 ↔ 100ppm, 치환성 염기함량(cmol⁻¹ kg⁻¹)에서 Ca이 1.99 ↔ 5.7, Mg이 0.54 ↔ 1.4, K가 0.12 ↔ 0.48, CEC가 9.5 ↔ 10.0, 염기포화도가 27.9 ↔ 80.0%로 신개간 山地土壤이 매우 불량한 토양 化學性을 갖는 것을 보여 주고 있으며, 이는 우리나라 신개간지 토양의 대표적인 특성으로 이러한 신개간지 토양의 불량한 화학성은 기 보고된 내용과 같은 경향이 었다(농진청, 1974, 1982: 유, 1978; Weinberger, 1979, 1982; 허 등, 1984).

이상적인 밭 토양의 염기포화도가 80%이며, 이 중 Ca:Mg:K 비가 60:15:5 정도가 적합하다는 보고(Toth, 1964)와 비교하면, 신개간지 공시토양은 염기포화도가 27.9%, Ca:Mg:K 비는 20.9:5.7:1.3 수준으로 토양특성이 매우 불량하였다. 有機物 함량 0.95% 수준은 낮은 수준으로 토양 완충기능과 肥沃度 특성이 불량한 요인이 되고 있음을 보여주고 있다. 비록 기경작 草地가 草地利用에 따른 시비관리와 이에 따른 牧草 잔존물의 토양 환원량 증가로 有機物이 증가된다는 특성(정 등, 1982)은 있지만

草地造成 초기단계에서는 개량과제에 고려해야 할 사항이다. 유효인산 함량 3ppm 수준은 草地造成 및 定着에 가장 큰 저해요인이 되고 있으며 적정 수준 100ppm 이상 수준(農技會, 1967; 정, 1984)에 달하는 시비관리 없이는 牧草의 정착, 초기생육의 불량, 월동 고사율의 증가, 낮은 牧草率과 收量性을 예견할 수 있는 저해 요인으로 생각되었다.

상술한 다양한 토양특성들의 차이를 農技會(1967)와 정(1984)의 초지토양 肥沃度 등급기준(불량 - 보통 - 양호 기준)에 따라 공시 토양 특성들을 종합적으로 대비하여 보면, pH, T-N, 유효인산, 치환성 Ca, Mg, K 함량, 염기포화도 및 염기비는 불량한 수준 이었으며, 단지 양이 온치환용량만 보통수준을 보였다. 특히 신개간지 공시토양의 化學性은 荳科牧草의 재배에 더 큰 저해적인 특성으로 보였다

2. 混播牧草의 초기생육상

파종 3주 후에 混播牧草의 초기생육상을 달관조사 기준(1~9 등급; 1= 매우 양호, 9= 매우 불량)에 따라 조사한 결과 3要素 施肥가 불충분한 T₁(대조구)의 초기 생육상은 표 3과 같이 매우 불량하였다. 이는 산도교정 석회시비가 되었을지라도 3要素(특히 인산)가 충분히 사용되지 않을 경우 草地의 造成 및 定着이 어렵고 이는 신개간 山地土壤의 낮은 肥沃度 특성을 나타낸 것으로 보였다. .

대조구(T₁)에 비해서 석회 및 3요소 肥料의 표준량 施用으로 混播牧草의 초기 생육상은 크게 양호하였으나, 인산 肥種 간에는 다소 차이를 보였다. 일반적으로 T₂(중과석 시비구) = 2.0 > T₃(용성인비 시비구) = 3.0 > T₁(3요소 소비구) = 8.0 순으로 초기 생육상이 큰 차이를 보였다. 이러한 肥效 차이를 검토하여 보면 牧草의 定着과 초기생육에 큰 영향을 미치는 인산양분의 영양생리 특성에 따라서 인산시비의 효과가 크게 나타났으며 인산 함량이 매우 낮은 신개간 배지토양에서 인산시비의 초기효과는 속효성/수용성인 중과석 시비가 완효성/구용성인 용

성인비 시비보다 더 높았던 것으로 보였다. 또한 T₁(3요소 소비구) = 8.0의 불량한 초기 생육상은 척박한 신개간지 토양의 특성에 기인되었지만 이 중에서도 인산결핍이 가장 중용한 영향을 준 것으로 보였다.

Table 3. Seedling vigour of mixed forages by the applications of double superphosphate and fused phosphate at establishment of grass/clover mixed swards

	Treatments ¹⁾		
	T ₁ (control)	T ₂ (U-DP-PC) ²⁾	T ₃ (U-FP-PC)
Seedling vigour ³⁾	8.00	2.00	3.00

¹⁾ T₁; control, T₂; double superphosphate application, T₃; fused phosphate application.
²⁾ U; urea, DP; double superphosphate, FP; fused phosphate, PC; potassium chloride(KCl).
³⁾ Vigour degree; 1-9 grade, 1=very good, 9=very poor. Survey date: 3 weeks after seeding.

3. 混播牧草의 草種별 식생/수량구성비율(%)

전술한 牧草의 초기생육에 미치는 인산 肥種별 시용효과가 표 4와 같이 white clover의 식생/수량구성비율(%)에도 다소 큰 영향을 준 것으로 보였다. 이는 척박한 신개간 山地土壤에서 orchardgrass보다 white clover의 정착 및 초기생육 촉진에는 수용성 인산(중과석)이 구용성 인산(용성인비)보다 더 큰 영향을 미치는 것으로 보였다. 그러나 조성 후 예취 회수가 진행되어감에 따라 용성인비(부성분; 석회, 고토, 규산, 붕소 등 함유) 시비구(T₃)에서 white clover의 식생/수량구성 비율이 23.7%(1차 예취) → 33.9(2차 예취) → 47.9%(3차 예취)로 증가하는 특성을 보였던 것으로 보아서 중, 장기적인 초지 管理肥料로서의 효과에서는 용성인비가 더 양호하고 긍정적인 효과를 보일 것으로 생각되었다.

4. 混播牧草의 건물수량

혼파목초(orchardgrass + white clover) 재배에서 인산 肥種(중과석과 용성인비)별 시용에 따

른 收量 차이는 표 5와 같다. 草地造成 표준 시비량의 10% 시용구인 T₁(대조구)의 수량은 T₂에 비해서 15% 수준의 收량을 보였고, 혼파 목초 중 orchardgrass 수량은 13%, white clover 수량은 18% 수준을 보였다.

중과석 시비구(T₂)의 각 구성초종별 收량을 100.0%로 한 相對收량을 대비하여 보면 용성인비 시비구(T₃)의 상대수량은 orchardgrass 收량은 87.7%, white clover 수량은 76.8%로 T₂보다 낮았다. 이러한 특성들은 전술한 초기생육상

및 식생/수량구성 비율에서 언급된 肥種간 특성과 비슷한 경향이였다. 혼파목초의 총 收量 변화는 orchardgrass와 white clover 목초간의 특성이 서로 상쇄되었으나 일반적으로 white clover의 수량변화 특성과 비슷한 경향을 보였다.

두 인산 肥種간 肥效 차이를 종합 검토하여 보면 草地造成 초기단계에서는 초기생육, 植生 構成比率 및 收량에 미치는 영향이 용성성/속효성 肥種인 중과석 비료가 용성인비보다 더 양호하였고 이 때 orchardgrass보다 white clover

Table 4. Botanical/yield composition of mixed forages by the application of double superphosphate and fused phosphate at establishment of grass/clover mixed swards (% DM basis)

Treatments ¹⁾	Botanical/yield composition by cut							
	1st		2nd		3rd		1+2+3 cuts	
	Grass	Clover	Grass	Clover	Grass	Clover	Grass	Clover
T ₁ (control)	54.5	45.5	51.9	48.1	51.6	48.4	52.2	47.8
T ₂ (U-DP-PC)	64.9	35.1	55.2	44.8	60.1	39.9	60.3	39.7
T ₃ (U-FP-PC)	76.3	23.7	66.1	33.9	52.4	47.6	63.4	36.6

¹⁾ T₁; control, T₂; double superphosphate, T₃; fused phosphate. U; urea, DP; double superphosphate, FP; fused phosphate, PC; potassium chloride(KCl).

Table 5. Forage yields by the application of double superphosphate and fused phosphate at establishment of grass/clover mixed swards (g/pot, DM basis)

Treatments ¹⁾	Forage yields by cut ²⁾				Relative yield(%) ³⁾
	1st	2nd	3rd	sum	
orchardgrass(G)					
T ₁ (control)	0.60(c) ⁴⁾	1.40(b)	1.33(b)	3.33(c)	13.1
T ₂ (U-DP-PC)	10.01(a)	7.40(a)	8.03(a)	25.44(a)	100.0
T ₃ (U-FP-PC)	7.50(b)	7.60(a)	7.20(a)	22.30(b)	87.7
white clover(L)					
T ₁ (control)	0.50(c)	1.30(b)	1.25(b)	3.05(c)	18.2
T ₂ (U-DP-PC)	5.42(a)	6.00(a)	5.33(a)	16.75(a)	100.0
T ₃ (U-FP-PC)	2.33(b)	4.00(a)	6.53(a)	12.86(b)	76.8
mixed forages(G + L)					
T ₁ (control)	1.10(c)	2.70(b)	2.58(b)	6.38(c)	15.1
T ₂ (U-DP-PC)	15.43(a)	13.40(a)	13.36(a)	42.19(a)	100.0
T ₃ (U-FP-PC)	9.83(b)	11.60(a)	13.73(a)	35.16(b)	83.3

¹⁾ T₁; control, T₂; double superphosphate, T₃; fused phosphate. U; urea, DP; double superphosphate, FP; fused phosphate, PC; potassium chloride(KCl).

²⁾ Cuts; 1st(6/26), 2nd(8/20), 3rd(10/11), seeding date(4/15).

³⁾ Relative yield(%), compared with the T₂(T₂ yield=100.0%).

⁴⁾ The same letters in column means are not significantly different at 5% levels by Duncan's multiple test.

에 상대적으로 더 큰 영향을 미쳤다. 그러나 white clover의 植生構成比率 및 收量性이 예취차수가 진행되어 감에 따라서 용성인비 시비구(T₃)의 효과가 증대되는 특성을 고려할 경우 인산이 매우 부족한 척박한 신개간 山地土壤에서 草地造成 시비에서는 초기단계의 牧草定着에 효과가 큰 수용성 인산인 중과석을 시비하거나 후기생육과 副成分(고토, 석회, 규산 및 붕소 등) 효과를 고려한 구용성 인산인 용성인비와 병행 시비가 바람직 할 것으로 생각되었다. 또한 본 시험 결과 草地造成 이후 초지 관리비료로서 인산 肥種은 용성인비가 더 유리함을 제시하였다.

IV. 요약

신개간 山地土壤을 공시배지로 한 pot 시험으로 초지조성비 3要素 중 인산비료인 중과석과 용성인비의 시비가 草地造成 초기단계에서 목초의 초기생육, 식생비율 및 수량에 미치는 영향을 비교·검토하였다. 처리수준은 1) T₁; 대조구, 3要素 표준 施肥量の 10% 시비, T₂; 중과석 시비, T₃; 용성인비 시비이었다.

1. 신개간 山地土壤의 化學性은 매우 불량하였다. 목초의 초기생육(달관조사, 1~9 등급; 1=매우 양호, 9=매우 불량)은 T₂=2.0 > T₃=3.0 > T₁=8.0 순으로 3要素 施肥가 불충분한 T₁(대조구)은 매우 불량하였고, 중과석(T₂) 시비는 용성인비(T₃)보다 더 양호하였다.

2. 상대수량(T₂ 수량=100.0% 기준)을 비교하여 보면 T₃은 orchardgrass가 87.7%, white clover는 76.8%, 이들의 혼파목초는 83.3%로 낮았다. 혼파목초의 수량은 일반적으로 white clover의 수량변화 특성과 비슷한 경향을 보였다.

3. 척박한 신개간 山地土壤에서 草地造成 시 초기 정착단계에서는 牧草의 초기생육 및 收量에 미치는 영향은 중과석이 용성인비 보다 더 양호하였고 white clover가 orchardgrass 보다 상대적으로 더 크게 영향을 받았다. 그러나 예취 후반으로 갈수록 white clover의 식생/수량비율이 T₃에서 23.7% → 33.9 → 47.9%로 증가하는 특성을 고려할 때 초지관리비 사용에서는 용성인비

가 더 긍정적인 效果를 보일 것으로 생각되었다.

V. 인용문헌

1. Fischbeck, G., K.U. Heyland and N. Knauer. 1975. Spezieller Pflanzenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 225.
2. Jung, G.A. and B.S. Baker. 1973. Forage grasses and legumes-orchardgrass. In; Heath and Barnes: Forages, 3rd edit. The Iowa State Univ. Press, USA. 285-296.
3. Scheffer, F. und P. Schachtachabel. 1973. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 143-166, 253-268.
4. Shin, Y.H. 1972. The description and classification of Korean soils. ASPAC Technical Bulletin No. 10.
5. Toth. 1964. Recited from soil & soil related problems. In: Hansen, Turfgrass Sciences. ASA. 101.
6. Weinberger, P. 1979. 한국에 있어서 산지의 초지 개량기술. 한초지, 1(2):7-13.
7. Weinberger, P. 1982. 산지초지 조성을 위한 임야지의 제 특성. 한초지, 3(1):10-11.
8. 農技會. 1967. 草地土壤生産力に 關する 研究. 農林水産技術會, 研究成果, 31:16-22.
9. 原田勇. 1979. 牧草의 營養과 施肥. 養賢堂, 東京. 4-6.
10. 농진청. 1974. 신개간지 영농기술. 농촌진흥청, 11-55.
11. 농진청. 1982. 산지초지 조성과 이용. 농촌진흥청. 35-46, 126-127, 196-209.
12. 농진청. 1983. 농사시험연구 조사기준. 농촌진흥청, 개정 제1판, 식물환경 및 사료 작물편.
13. 유인수. 1978. 산지토양의 특성 및 개량. 한토비지, 11(4):247-262.
14. 이종기. 1970. 지역별 목초의 영양진단. 식환연구 보고서, 4-695-714.
15. 정연규. 1984. 초지토양 관리와 비료. 한국가리연구회.
16. 정연규, 박병훈, 이종열 외. 1982. 석회 및 3요소 사용수준이 걸쭉림 산지초지에 미치는 영향(I-IV 보), 한축지, 24(6):493-516.
17. 정연규, 이종열. 1980. 신개간지에서 석회 및 인산시용이 orchardgrass의 초기생육, 수량 및 영양성분에 미치는 영향. 농시보고, 22집:79-86.
18. 정연규, 이종열. 1986. 산지경사도 및 3요소 사용수준이 초지토양 및 목초 중 무기양분의 상호균형과 grass tetany 위험성에 미치는 영향. 한초지, 19(3):231-238.
19. 정연규, 이종열. 1987. 초지조성 복합비료의 개발 시험. 한초지, 7(1):63-69.
20. 허봉구, 조인상, 민경범, 엄기태. 1984. 우리나라 토양의 대표적인 물리화학적 특성. 한토비지, 17(4):330-336.