

신개간 山地土壤에서 소석회 및 규산질 肥料의 施用이 混播牧草의 初期生育 및 收量에 미치는 효과 비교

鄭 連 圭

Effects of the Applications of Slaked Lime and Silicate Fertilizers on the Seedling Growth and Yield of Grass/Clover Mixed Swards on Newly Reclaimed Hilly Soil

Yeun Kyu Jung

ABSTRACT

This pot experiment was conducted to find out the effects of slaked lime(L₀; 0.00, L₁; 3.75, L₂; 7.50, L₃; 11.25g/pot) and silicate fertilizers(S₁; 3.75, S₂; 7.50, S₃; 11.25g/pot) on the seedling growth and yield of grass/clover mixed swards on newly reclaimed hilly soil, and it's differences between both the soil improvers. The results obtained are summarized as follows:

Comparing with the L₀ treatment without soil improver, the seedling vigour and yields of both forages were markedly enhanced by the application of soil improver. The positive effects of soil improvers tended to be relative higher on ladino clover than orchardgrass in mixed swards. The seedling vigour, botanical composition, and yield of ladino clover were more markedly influenced by the application of silicate fertilizer than slaked lime. The yields of ladino clover were increased 76.8% by the S₁ over L₁, and 32.0% by the S₂ over L₂, respectively.

(Key words : Slaked lime, Silicate fertilizer, Grass/clover mixed swards, Botanical composition, Yield, Seedling vigour)

I. 서 론

우리나라 地質의 약 2/3가 산성암인 화강암과 화강편마암으로 分布되어 있다(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 土壤의 이화학적 특성들이 매우 불량하다(농진청, 1974, 1982; 유, 1978; Weinberger, 1979, 1982; 허 등, 1984). 이러한 특성들과 관련하여 山地草地에서 牧草 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 N 2.5배, P₂O₅ 1.2배, K₂O 3배, CaO 8.0배 및 MgO는 3.4배 정도로 養分 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.

본 시험은 우리나라 구릉지에 주로 分布한 토양(토양명: 松汀 사양토, 침식이 있는 7~15% 경사)에서 미 경작지 토양의 表土를 공시배지(pot 시험)로 하였다. 山地草地 개발에 필수적인 산도교정을 위한 토양 개량제 시용에서 消石灰의 시비 효과와 더불어 硅酸質 肥料의 시비효과를 대비하여 비교·검토하고, 消石灰 대신 규산질 肥料의 시용 권장 가능성을 검토하고자 하였다. 일차적으로 간이시험 방법인 pot 시험으로 orchardgrass/ladino clover 混播牧草의 초기생육상, 식생구성비율, 수량구성요소 및 총 收量에 미치는 영향을 草地造成 초기의 정착단계에서 비교·검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시토양

pot 시험에 배지로 공시된 토양시료는 공히 松汀統 토양(저구릉 산지에 분포된 잔적토로서, 화강암에 기인된 赤黃色土: Red & Yellow Podzolic Soil: Typic Hapludult)으로 미개간지

토양의 表土(사양토-미사질 식양토)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 초지조성비 3要素(고토와 붕소 포함)를 동일량 施肥한 조건(표 2 참조)에서 草地造成시 석회시비 3수준과 동일량의 규산질 비료 3수준을 施用하여 이들의 施肥效果和 더불어 두 토양 개량제 간의 肥效를 草地造成 초기의 정착단계에서 비교·검토하고자 하였다. 처리수준은 표 2와 같이 1) 대조구(L₀; 석회 및 규산 무비구), 2) 소석회 소비구(L₁; 3.75), 3) 소석회 보비구(L₂; 7.50), 4) 소석회 다비구(L₃; 11.25g/pot), 5) 규산질 비료 소비구(S₁; 3.75), 6) 규산질 비료 보비구(S₂; 7.50), 7) 규산질 비료 다비구(S₃; 11.25g/pot)로 하였고 4반복으로 수행하였다. 사용된 두 토양 개량제는 肥料의 公正規格에 준한 표준비료로서 消石灰(Ca(OH)₂)는 알카리분 60%, 규산질 비료는 알카리분 40%+가용성 규산 25%을 함유한 토양 개량제 특성을 갖고 있다.

나. 관리방법

3 要素 초지조성비 추천기준(N-P₂O₅-K₂O;

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

pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	exch. cations			CEC	base sat. (%)	T-N (%)
			Ca	Mg	K			
			(cmol ⁺ kg ⁻¹)					
4.93	9.5	3.0	1.99	0.54	0.12	9.5	27.9	0.06

Table 2. Treatments and amount of slaked lime and silicate fertilizers applied a establishment of grass/clover mixed swards.

Treatments ¹⁾	Amount of fertilizers ²⁾ applied					
	Lime g/pot	Silicate (kg/10a)	Complex fertilizer (g/pot)	N	P ₂ O ₅ (kg/10a)	K ₂ O
L ₀	—	—	4	8	20	7
L ₁	3.75(150)	—	4	8	20	7
L ₂	7.50(300)	—	4	8	20	7
L ₃	11.25(450)	—	4	8	20	7
S ₁	—	3.75(150)	4	8	20	7
S ₂	—	7.50(300)	4	8	20	7
S ₃	—	11.25(450)	4	8	20	7

¹⁾ L₀; control. L₁, L₂, L₃; 3.75, 7.50, 11.25 Ca(OH)₂ g/pot. S₁, S₂, S₃; 3.75, 7.50, 11.25 silicate fertilizer g/pot.

²⁾ complex fertilizer for grassland establishment(N-P₂O₅-K₂O-MgO-B₂O₃; 10-26-9-4-0.3).

8-20-7kg/10a에 준하여(농진청, 1982) 제조된 草地造成 2중복비(N-P₂O₅-K₂O-MgO-B₂O₃; 10-26-9-4-0.3)를 환산하여 각 처리별 공히 4g/pot를 基肥로 사용 하였다. 追肥로 초지 관리용 2중복비(N-P₂O₅-K₂O-MgO-B₂O₃; 15-10-14-4-0.2)를 매 예취 후 2.17g/pot를 각 처리 공히 分施 하였다. 2.17g/pot (1/2000a) 分施量은 N-P₂O₅-K₂O: 6.5-4.3-6.0kg/10a 施用量에 상응하는 량이다.

공시된 pot는 높이 33cm, 지름 25cm인 1/2000a 크기인 Wagner pot를 사용하였으며, pot 배지는 pot 하부에 자갈 3kg, 다음에 모래 1.9kg를 넣었으며, 상부에 신개간 山地 草地土壤에서 채취 된 表土 토양 15kg를 넣었다.

肥料의 사용은 pot 준비를 완료한 후에 pot 내 상부 흙의 1/3부분(약 5cm 깊이)을 대야에 다시 꺼낸 후 상술한 처리별 소석회와 규산질 비료, 그리고 草地造成 3要素 비료(2중복비)를 토양과 잘 섞어서 다시 pot에 넣고 고르게 하였다.

牧草種子의 播種은 pot당 화분과 牧草인 orchardgrass(*Dactylis glomerata* L.; var. Poto-

mac) 320mg과 두과목초인 ladino clover (*Trifolium repens* L.) 80mg를 播種하였다. 파종 방법은 처리별 시비한 후 表土 흙을 1컵 정도 뜨고, 표면을 고르게 하고, 여기에 목초종자(4월 중순 파종)를 고르게 살포한 후 컵에 든 흙을 고르게 잘 복토하고 손바닥으로 가볍게 답압 하였다.

파종(4/15일)된 pot는 야의 이동식 간이포장에서 관리하였으며, 적합한 조건에서 물 관리와 잡초제거를 하였다. 방목적기 生育期에 수확하였으며 총 3차 수확(9/28일)을 한 생육기간 동안 간이검토 하였다. 土壤 및 植物體 분석은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(농진청, 1983)에 준하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양특성

표 1에서 보는바와 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 관련하여 공시토양의 화학성 ↔ 적정수준과 대비하여 보면 다음과 같다. 토양 pH는 4.9 ↔ 6.0, 有機物 함량은 0.95 ↔ 2.00%, 유효인산 함량은 3 ↔ 100ppm, 치환성 염기 함량($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$)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 보여주고 있으며, 이러한 신개간지 토양의 불량한 화학성은 기 보고된 내용과 같은 경향이였다(농진청, 1974, 1982; 유, 1978; Weinberger, 1979, 1982; 허 등, 1984).

이상적인 밭 土壤의 염기포화도가 80%이며, 이 중 Ca : Mg : K 比가 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 1.0% 수준은 낮은 수준으로 토양 완충기능과 肥沃度 특성이 불량한 요인이 되고 있음을 보여주고 있다. 비록 기경작 草地가 草地 이용에 따른 시비관리와 이에 따른 牧草 잔존물의 토양 환원량 증가로 토양 有機物이 증가된다는 특성(정 등, 1982)은 있지만 草地의 조성초기에는 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 시비관

리 없이는 牧草의 定着과 초기생육의 불량, 越冬 고사율 증가, 낮은 牧草率과 收量性을 예견할 수 있는 저해 요인으로 생각된다.

상술한 다양한 토양특성들의 차이를 農技會(1967)와 정(1984)의 草地土壤 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 양이온치환용량만 보통수준을 보였다. 특히 신개간지 공시토양의 化學性은 두과목초 재배에 더 큰 저해적인 특성으로 보인다.

2. 혼파목초의 초기생육상

播種 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 충분하였지만 표 3과 같이 대조구(L₀)의 초기 생육상은 매우 불량하였다. 이는 비록 3要素가 충분히 施用 되었을 지라도 산도교정 시비관리가 없는 山地草地의 造成은 어렵고, 이는 신개간지 草地造成시 선결되어야 할 肥沃度 개량과제임을 나타내었다. 신개간 산지토양의 강산성 특성은 큰 저해요인이 된 것으로 생각되며 특히 好石灰性 牧草인 ladino clover 定着이 잘 안되었다.

대조구(L₀)에 비해서 소석회나 구산질 肥料

Table 3. Seedling vigour of seeded forages by the application of slaked lime and silicate fertilizers at establishment of grass/clover mixed swards.

	Treatments ¹⁾						
	L ₀	L ₁	L ₂	L ₃	S ₁	S ₂	S ₃
Seedling vigour ²⁾	6.00	3.75	1.75	2.25	2.50	2.25	1.75

¹⁾ L₀; control, L₁, L₂, L₃; 3.75, 7.50, 11.25 Ca(OH)₂ g/pot. S₁, S₂, S₃; 3.75, 7.50, 11.25 silicate fertilizer g/pot.

²⁾ Vigour degree; 1-9 grade, 1= very good, 9= very poor. Survey date; 3 weeks after seeding.

의 시용으로 混播牧草의 초기생육상은 크게 양호하여 졌다. 소석회 시비수준 간에서는 초기생육상이 $L_2; 1.75 > L_3; 2.25 > L_1; 3.75 > L_0; 6.00$ 순으로 석회 보비수준(L_2)에서 가장 양호한 초기생육상을 보였다. 규산질 肥料의 시비수준 간에서는 $S_3; 1.75 > S_2; 2.25 > S_1; 2.50 > L_0; 6.00$ 순으로 양호한 초기생육상을 보였다. 牧草의 초기생육상에 미치는 소석회나 규산질 비료의 시용에 따른 肥效는 모두 양호하였다. 석회 보비구(L_2)와 규산질 비료 다비구(S_3)간 같은 양호한 생육상을 보이는 것은 알칼리분 함량에서 소석회는 60%, 규산질 비료는 40% + 가용성 규산 25% 함유하는 알칼리분 함유량 특성과 비례한 것인지 차후 검토가 필요하다고 생각된다. 소석회 소비구(L_1)의 초기생육상 3.75와 규산질 비료 소비구(S_1)의 생육상 2.50 특성을 대비·검토하여 보면 토양개량제가 소량 施用 시에는 오히려 규산질 肥料의 施用效果가 더 양호한 것으로도 나타났으나 차후 더 검토할 과제로 생각된다.

3. 혼파목초의 초종별 식생 및 수량구성비를

표 4와 같이 대조구(L_0)에서는 상대적으로 ladino clover의 植生比率이 매우 불량한 평균 13.5% 수준 이었다. 이는 신개간지 土壤에서 충분한 3要素가 施用되었더라도 토양개량제(산도교정) 施肥가 없으면 특히 好石灰性 牧草인 豨科牧草의 定着 및 收量性이 크게 저해를 받는다는 것을 의미하고 있다(정 등, 1982). 소석회나 규산질 肥料의 시용으로 대조구(L_0)에 비해서 ladino clover의 定着, 초기생육상 및 식생 비율이 크게 양호하여 졌다. 그러나 ladino clover 植生比率이 消石灰 소비구(L_1)에서는 34.5%로 보비구(L_2)의 52.1% 수준에 비해서 낮았고, 그리고, 규산질 비료 소비구(S_1)가 47.9%인 것과 비교·검토하여 보면, 豨科牧草인 ladino clover의 植生比率/生育 향상에는 규산질 비료가 消石灰보다 더 양호한 효과를 보였던 것으로 생각된다.

Table 4. Botanical/yield composition of seeded forages by the application of slaked lime and silicate fertilizer at establishment of grass/clover mixed swards (% DM basis)

Treatments ¹⁾	Botanical/yield composition ²⁾							
	1st cut		2nd cut		3rd cut		1+2+3 cuts	
	G	L	G	L	G	L	G	L
L_0	89.1	10.9	79.2	20.8	92.9	7.1	86.5	13.5
L_1	65.7	34.3	59.6	40.4	71.8	28.2	65.5	34.5
L_2	45.8	54.2	42.2	57.8	50.3	49.7	47.9	52.1
L_3	48.0	52.0	42.9	57.1	46.6	53.4	45.7	54.3
S_1	51.3	48.7	49.4	50.6	56.4	43.6	52.1	47.9
S_2	47.2	52.8	37.2	62.8	49.8	50.2	44.7	55.3
S_3	49.3	50.7	42.4	57.6	60.4	39.6	50.6	49.4

¹⁾ L_0 ; control. L_1, L_2, L_3 ; 3.75, 7.50, 11.25 $Ca(OH)_2$ g/pot. S_1, S_2, S_3 ; 3.75, 7.50, 11.25 silicate fertilizer g/pot.

²⁾ G; orchardgrass, L; ladino clover.

4. 혼파목초의 건물 수량

消石灰와 硅酸質 肥料의 시용에 따른 收量性은 표 5와 같다. 混播栽培 조건에서 소석회나 규산질 비료의 시용은 構成草種 중 ladino clover 의 수량 향상에 크게 영향을 미쳤다. 반면에 orchardgrass의 收量增收는 미약하였으며 이 조건에서 두 토양개량제 중 규산질 비료의 시용효과가 다소 좋은 경향을 보였다. ladino clover 收量은 소석회나 규산질 비료의 시용으

로 收量性이 크게 향상되었으며 두 肥種간 수량차이를 보면, 소석회 소비구(L₁) 수량에 비해서 규산질 비료 소비구(S₁)가 76.8% 더 증수하였고, 보비구(L₂)에 비해서는 S₂ 처리구가 32.0% 더 증수한 특성을 보였다. 그러나 다비구 L₃와 S₃ 처리간에는 서로 비슷한 收量性을 보였다. 混播牧草(orchardgrass + ladino clover)의 총 收量은 처리별 각 구성 草種간 수량 변화 특성과 연관되나 ladino clover의 처리별 收量性 변화에 크게 영향을 받았다.

Table 5. Forage yields by the applications of slaked lime and silicate fertilizer at establishment of grass/clover mixed swards

(g/pot, DM basis)

Cut ¹⁾	Treatments ²⁾						
	L ₀	L ₁	L ₂	L ₃	S ₁	S ₂	S ₃
orchardgrass(G)							
1st	7.37	8.21	7.76	8.12	8.05	8.95	9.06
2nd	8.00	8.10	6.50	7.80	8.20	7.10	7.50
3rd	7.43	8.78	8.03	7.08	7.25	9.63	10.25
sum	22.80	25.09	22.29	23.00	23.50	25.68	26.81
(%) ³⁾	(100.0)	(110.0)	(97.8)	(100.9)	(103.1)	(112.6)	(117.6)
ladino clover(L)							
1st	0.90	4.29	8.27	8.80	7.64	10.01	9.32
2nd	2.20	5.50	8.90	10.40	8.40	12.0	10.2
3rd	0.58	2.45	7.05	8.13	5.60	9.73	6.71
sum	3.68	12.24	24.22	27.33	21.64	31.74	26.23
(%)	(100.0)	(332.6)	(658.2)	(742.7)	(588.0)	(862.5)	(712.8)
mixed forage(G+L)							
1st	8.27	12.49	16.93	16.92	15.69	18.96	18.37
2nd	10.10	13.60	15.40	18.20	16.60	19.10	17.70
3rd	8.00	12.23	15.98	15.20	12.85	9.35	16.96
sum	26.37	38.32	46.51	50.32	45.14	57.41	53.03
(%)	(100.0)	(145.3)	(172.6)	(190.8)	(171.2)	(217.7)	(201.1)

¹⁾ Cuts; 1st(6/26), 2nd(8/2). 3rd(9/28); seeding date(4/15)

²⁾ L₀; control. L₁, L₂, L₃; 3.75, 7.50, 11.25 Ca(OH)₂ g/pot. S₁, S₂, S₃; 3.75, 7.50, 11.25 silicate fertilizer g/pot.

³⁾ %; relative yield index, compared with control treatment(L₀; 100%).

종합적으로 검토하여 보면 신개간 山地에서 草地造成시 토양개량제 施肥없이는 荳科牧草인 ladino clover의 定着이 어렵고 또한 충분한 施用이 효과적임을 나타내었다. 규산질 肥料는 消石灰보다 더 좋은 肥效를 보였으며 특히 ladino clover에 더 좋은 施肥效果를 보였다. 소석회 및 규산질 비료의 시비효과와 두 肥種간 肥效 차이는 위에 언급된 牧草의 초기생육상, 植生比率, 構成草種별 및 混播牧草의 收量性 변화들이 상호 연관성을 갖고 있음을 본 기초 시험으로 확인할 수 있었다. 그러나 종합적인 결론을 얻기 위해서는 수년간 포장시험을 통하여 두 토양개량제 肥種별 토양특성의 변화, 草地의 耐用年限, 牧草의 品質 및 營養評價 등을 종합하여 검토할 필요가 있다고 생각된다.

IV. 요 약

신개간 山地土壤을 공시배지로 한 간이 pot 시험으로 草地造成을 위한 소석회와 규산질 비료 두 토양 개량제가 orchardgrass/ladino clover 混播牧草의 초기생육상, 식생/수량구성비율 및 收量에 미치는 영향을 草地造成 초기단계에서 비교·검토하였다. 처리수준은 1) 대조구(L₀; 석회 및 규산 무비구), 2) 소석회 소비구(L₁; 3.75), 3) 소석회 보비구(L₂; 7.50), 4) 소석회 다비구(L₃; 11.25 g/pot), 5) 규산질 비료 소비구(S₁; 3.75), 6) 규산질 비료 보비구(S₂; 7.50), 7) 규산질 비료 다비구(S₃; 11.25 g/pot)로 하였다.

1. 신개간지 공시토양은 불량한 이화학성을 보였다. 3要素 기준시비만 된 대조구(L₀)의 초기생육상은 불량하였으며, 특히 ladino clover의 定着이 매우 불량하였다. 반면에 소석회나 규산질 비료의 施用시에는 混播牧草의 定着 및 초기생육상이 크게 양호하여졌다. 달관조사기준(1~9등급; 1= 매우 양호, 9= 매우 불량)에 따라 초기생육상을 처리별 비교하여 보면, L₂

= S₃; 1.75 > L₃ = S₂; 2.25 > S₁; 2.50 > L₁; 3.75 > L₀; 6.00 순으로 양호한 초기생육상을 보였다.

2. 대조구(L₀)에서는 ladino clover의 植生比率이 상대적으로 매우 불량한 평균 13.5% 수준으로 orchardgrass(86.5%)에 비해서 定着이 매우 불량하였다. 소석회나 규산질 비료의 施用으로 ladino clover의 植生比率이 크게 양호하여졌고, 이 때 규산질 肥料가 소석회보다 더 큰 효과를 보였다.

3. 소석회나 규산질 肥料의 사용은 構成草種 중 orchardgrass의 수량향상에는 경미한 효과를 보였으나 ladino clover의 수량 향상에는 큰 효과를 보였다. 또한 ladino clover의 수량 향상에는 소석회보다 규산질 肥料가 더 큰 효과를 보였고, 그 정도는 L₁의 收量에 비해서 S₁이 76.8% 더 증수하였고, L₂에 비해서는 S₂가 32.0% 더 증수하였다. orchardgrass 수량 향상에도 소석회보다 규산질 비료가 약간 양호한 경향을 보였다. 混播牧草의 총 收量은 처리별 ladino clover의 收量性 변화 특성에 크게 영향을 받았다.

V. 인 용 문 헌

1. Shin, Y.H. 1972. The description and classification of Korean soils. ASPAC Technical Bulletin No. 10.
2. Toth. 1964. Recited from soil & soil related problems. In: Hansen, Turfgrass Sciences. ASA. 101.
3. Weinberger, P. 1979. 한국에 있어서 산지의 초지 개량기술. 한초지, 1(2):7-13.
4. Weinberger, P. 1982. 산지초지 조성을 위한 임야지의 제특성. 한초지, 3(1):10-11.
5. 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.
6. 原田勇. 1979. 牧草의 營養과 施肥. 養賢堂, 東京. 4-6.
7. 농진청. 1974. 신개간지 영농기술. 농촌진흥청,

- 11-55.
8. 농진청. 1982. 산지초지조성과 이용. 농촌진흥청. 35-46, 126-127, 196-209.
 9. 농진청. 1983. 농사시험연구 조사기준. 농촌진흥청, 개정 제1판, 식물환경 및 사료 작물편.
 10. 유인수. 1978. 산지토양의 특성 및 개량. 한토비지, 11(4):247-262.
 11. 이종기. 1970. 지역별 목초의 영양진단. 식환연구 보고서, 4-695-714.
 12. 정연규. 1984. 초지토양관리와 비료. 한국가리연구회.
 13. 정연규, 박병훈, 이종열 외. 1982. 석회 및 3요소 사용수준이 걸쭉림 산지초지에 미치는 영향(I-IV 보), 한축지, 24(6):493-516.
 14. 정연규, 이종열. 1986. 산지경사도 및 3요소 사용수준이 초지토양 및 목초 중 무기 양분의 상호균형과 grass tetany 위험성에 미치는 영향. 한초지, 19(3):231-238.
 15. 허봉구, 조인상, 민경범, 엄기태. 1984. 우리나라 토양의 대표적인 물리화학적 특성. 한토비지, 17(4):330-336.