

신개간 산지토양에서 초지조성비 비종별 목초의 생산성 및 품질비교

Ⅲ. 토양 및 목초 중 무기양분의 상호균형과 Grass tetany 위험성

정연규 · 임요섭 · 조주식

Effects of the Application of Different Fertilizers on the Forage Productivity and Quality on Newly Reclaimed Hilly Soil

Ⅲ. Mutual balances of mineral nutrients in the soils & mixed forages, and the grass tetany hazard in a mixed grass-clover sward

Yeun-kyu Jung, Yo-sup Rim and Ju-sik Cho

Abstract

This pot experiment was conducted to find out the forage productivity and quality in a grass/clover sward as affected by the application of three different fertilizers; double superphosphate(DS), fused Mg-phosphate (FP), and complex fertilizer(CF) on newly reclaimed hilly soil. This part was concerned with the mutual balances of mineral nutrients in the soils and mixed grass/clover sward in relation to grass tetany hazard. The results obtained are summarized as follows :

1. Concentration of exchangeable Mg and relative proportion of Mg to CEC in the soils before experiment were considerably below the critical level for good forage growth and prevention of grass tetany. It seems that these properties would be able to handicap by liming and NPK applications.
2. Comparing with the critical level for likelihood of tetany(Mg <0.2%, K >2.5%, and K/(Ca+Mg) >2.2 in forages), mean concentration of Mg ranged from 0.14 in DS plot and 0.18 in FP plot to 0.24% in CF plot. Meanwhile, hazards of grass tetany in relation to the %K and ratio of K/(Ca+Mg) were not recognized.
3. Comparing with the optimum level of Ca/P(% ratio)=2.0 in forages for animal health, these ranged from 6.1 to 7.1.

(Key words : Grass tetany, Fertilizer, Soil, Mineral nutrients)

I. 서 론

우리나라 지질의 약 2/3가 산성암인 화강암과

화강편마암으로 분포되어 있다(Shin, 1972). 이런 지대에서 자라는 목초는 보통 무기영양성분의 함량이 낮다(李, 1970). 더욱이 초지의 개발 대상지는

Corresponding author : Yeun-kyu Jung, College of Agric. & Life Science, Suncheon Nat'l Univ., Suncheon 540-742, Korea.

Tel: 061-750-3291 E-mail : ykjung@web.suncheon.ac.kr

순천대학교 농업생명과학대학(College of Agric. & Life Science, Suncheon Nat'l University)

주로 미개간 산지로 이들의 토양특성은 일반 경작지에 비해서 토양의 이화학적 특성들이 매우 불량하다(농진청, 1974, 1982; 柳, 1978; Weinberger, 1979, 1982; 許 등, 1984). 이러한 특성과 연관하여 산지초지에서 목초 중 무기양분의 함량 뿐만 아니라 양분간의 불균형이 초래되고 있다고 보고된 바 있다(鄭 등, 1982; 鄭과 수, 1986). 또한 목초는 산야초와는 매우 다른 다비성 양분 요구특성을 보이며 그 수준을 수도와 비교해 보면 대략 N는 2.5배, P₂O₅ 1.2배, K₂O 3배, CaO 8.0배 및 MgO는 3.4배 정도로 양분 탈취량이 더 많은 다비작물의 특성(農技會, 1967; 原田, 1979; 농진청, 1982; 鄭, 1984)을 보인다. 따라서 초지토양 비옥도 증진은 산지초지 개발에 기본과제가 된다.

목초 tetany는 복합적인 가축의 대사장애로서 토양특성, 시비방법, 초종, 무기양분, 계절, 강수량, 온도, 축종 및 연령 등에 따라서 다양하게 영향을 받고 주로 반추가축에 문제되고 있으며(Grunes, 1979), 부실초지 뿐만 아니라 잘 관리된 초지에서도 나타난다(Fontenot, 1979). 우리나라 걸쭉림 산지초지에서의 tetany 발병가능성에 관한 검토가 보고(鄭 등, 1982; 鄭과 수, 1986)된 바 있다.

동일한 시비량의 3요소 시비조건에서도 시비비료의 종류에 따른 각 비료의 이화학적, 부성분의 종류 및 함량 등에 따라서 토양개량에 차이가 생기고, 이에 따라 목초의 정착, 생산성 및 品質 등이 영향을 받을 것으로 보이며 이러한 관점에서 초지조성비의 비중을 달리한 시비처리로 이들간의 비효를 비교 검토하여 합리적인 시비관리에 기여하고자 우선 기초적인 pot 시험을 수행하였다. I보(수량성 및 식생구성 비율), II보(목초의 무기양분 및 일반성분 함량)에 이어서 본보에서는 시비처리별 목초 tetany 위험성 문제를 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시토양

pot 시험에 배지로 공시된 토양시료는 松汀統 토양(저구능 산지에 분포된 잔적토로서, 화강암에 기인된 赤黃色 1: Red & Yellow Podzolic Soil, Typic Hapludult)의 신개간지 표토(사양토-미사질 식양토)이다. 이를 채취하여 가볍게 체로 거른 후 배지로 이용하였다. 공시토양의 화학적 특성은 표 1과 같다.

2. 처리내용 및 공시비료

처리내용: 초지조성비 3요소 시비량은 동일하나 시비비료를 달리한 세부 처리내용은 1) 대조구(무비구), 2) 중과석구(요소-중과석-염가), 3) 용성인비구(요소-용성인비-염가), 4) 복비구(3종 복비)이며, pot 시험으로 비효를 비교·검토하였다. 중과석 및 용성인비 단위 처리구에서는 모두 질소는 요소비료, 칼리는 염화칼리(KCl)를 공통으로 시비하였다. 초지조성 3요소 시비량은 신개간지에서 산지초지 조성을 위한 초지조성비 표준 시용량(농진청, 1982) N-P₂O₅-K₂O: 8-24-7 kg/10a를 기준으로 하였다. 이를 기준하여 시용된 pot(1/2000a)별 환산 시비량은 표 2와 같다.

공시비료의 일반특성: 3종 복비(CF)의 성분 및 함량은 N-P₂O₅-K₂O-MgO-B₂O₃-OM: 6-18-5-3-0.2-10이며, 3요소 외에 Mg, B 및 유기물이 부성분으로 함유되어 있다. 중과석은 46% 인산(P₂O₅)을 함유한 생리적 中性인 수용성 및 속효성 인산질 비료이고, 주성분이 약 75%가 CaH₄(PO₄)₂이다. 용성인비(용인)는 20% 인산(P₂O₅)을 함유한 생리적 염기성인 구용성 인산질 비료로 완효성이다. 주성분이

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

pH (1:5 H ₂ O)	OM (%)	Avail. P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. cations (me/100g)				Base sat. (%)	
			Ca	Mg	K	Na		CEC
4.65	1.16	28	1.08	0.21	0.20	0.03	7.68	19.8%

Table 2. Treatment and application amount of fertilizers at establishment of orchardgrass/ ladino clover mixed swards

treatment (fertilizers used) ¹⁾	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O		application amount of fertilizers (mg/pot)
	kg/10a	mg/pot	
control	0- 0-0	0-0-0	0-0-0
U-DS-PC	8-24-7	400-1,200-350	870-2,609-583
U-FP-PC	8-24-7	400-1,200-350	870-6,000-583
CF	8-24-7	400-1,200-350	6,666

¹⁾ U(urea), DS(double superphosphate), FP(fused phosphate), PC(potassium chloride, KCl), CF(complex fertilizer)

Mg₃CaP₂O₉ · 3CaSiO₂라고 추정되며, 부성분으로 대략 MgO 12%, CaO 30%, SiO₂ 25% 및 B, Fe 등이 함유되어 있다.

3. pot 관리

pot와 배지 : 공시된 pot는 높이 33cm, 지름 25cm인 1/2000a 크기인 Wagner pot를 사용하였으며, pot 배지는 pot 하부에 자갈 3kg, 다음에 모래 1.5kg를 넣었으며, 상부에 신개간지에서 채취된 표토토양 15kg를 넣었다.

처리별 초지조성비 사용 : 초지조성 기비의 사용은 각 처리구 공히 석회(소석회): 125kg/10a 기준하여 6.25g/pot을 사용 하였고, 처리별 3요소 기비의 사용은 표 2와 같다. 시비방법은 석회 및 처리별 기비사용은 pot 준비를 완료한 후에 pot내 상부 흙의 1/3부분(약 5cm 깊이)을 대야에 다시 꺼낸 후石灰 및 처리별 기비비료를 토양과 잘 섞어서 pot에 다시 넣고 고르게 하였다.

혼과목초의 파종 : pot당 牧草의 파종량은 화분과목초인 orchardgrass 300mg, 두과목초인 ladino clover 100mg를 파종하였다. 파종방법은 소석회 및 처리별 기비를 사용한 후 표토 흙을 1컵 정도 뜨고, 표면을 고르게 하고, 여기에 각 목초종자를 고르게 살포한 후 겹에 든 흙을 고르게 잘 복토하고 손바닥으로 가볍게 답압 하였다.

추비사용(분시) : 처리별 초지조성비 사용으로 목초를 재배한 후 1차 예취를 하였고, 추비는 1차 예취 후 무비구를 제외한 각 처리구 공히 질소는 5kg N/10a를 기준하여 요소 544mg/pot를, 칼리는 4kg K₂O/10a 기준하여 KCl 333mg/pot를 pot 표면에 고루 사용 하였다. 추비를 사용하여 2차 수확을 하였고, 2차 수확 후에는 추비를 주지 않고 관

리하여 3차 수확을 하였다. 인산은 초지조성 기비로 충분하므로 추비는 사용하지 않았다.

일반관리 및 시료분석 : 과중된 pot는 야외포장에서 지면에 1/4정도 노출되도록 물었으며, 적합한 조건에서 물 관리를 하였다. 토양 및 식물체 분석은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(농진청, 1983)에 준하였다. 대조구의 식물체 분석은 시료부족(수량이 극히 적음)으로 하지 않았다.

III. 결과 및 고찰

1. 공시토양의 염기양분 특성과 목초 tetany 위험성

우리나라의 지질분포에서 주 모암이 산성암인 화강암계이며(Shin, 1972), 주 점토광물이 kaolinite 계이다(농기연, 1978). 이들 계통의 토양 중에는 Ca, Mg 함량이 낮다(농기연, 1978; Sheffer and Schachtschabel, 1979; Ellis, 1979). 이러한 지역에서 자라는 목초는 무기양분의 함량이 낮고 신개간지는 기경지보다 더욱 낮은 특성을 보인다(농진청, 1974; 이, 1970). 본 시험배지도 표 1과 같이 강산성이며 Mg 뿐만 아니라 P, Ca, K 함량이 낮았다. 또한 강산성인 토양특성은 Al 농도와도 연관되어 Mg 흡수이용이 저해된다는 보고(Ellis, 1979; Mayland and Grunes, 1979)를 고려할 때 목초의 생육과 가축건강과 연관된 품질에도 문제점을 제기할 수 있다. 이러한 토양특성과 연관되어 혼과목초 중 Mg 함량이 복비 시용구를 제외하고는 중과석, 용인시용구 공히 목초 중 적정 Mg 함량 0.2% 이상(Finck, 1969)에 미달되었고 이는 가축의 건강 관리에도 미흡한 수준 이었다.

목초 중 Mg 함량은 토양 중 치환성 Mg 함량과

다른 치환성 염기간의 상대비(균형)에 따라 크게 영향을 받는다(Metson, 1974). 본 논문에서 인용된 여러 보고에서 언급된 바와 같은 tetany 발생 위험성과 연관시킨 토양 중 염기간의 균형비 임계수준과 관련하여 본 시험에 공시된 토양의 제 특성을 비교하여 보면 표 3과 같다. 토양 중 치환성 Mg 함량이 염기치환용량(CEC)의 10% 정도가 목초의 정상생육과 牧草 중 Mg 함량을 높여 grass tetany 방지에 적합한 수준(Horvath and Todd, 1968; Metson, 1974)이라는 보고와 비교하여 보면 공시토양의 Mg 수준이 2.7%로 매우 낮은 수준임을 보여주고 있다.

Mg/K 당량 비율은 0.5이상(Metson, 1974)이어야 한다는 보고와 비교하여 보면 1.05로 시험 전에는 높았으나 이는 신개간 토양시료의 너무 낮은 K 함량수준에 원인이 있었고, 초지조성 및 관리비에서 단순한 3요소 시비 시 이에 따른 K 수준만의 증가는 문제점을 야기할 수 있다고 본다. 따라서 비료부성분으로 Mg의 공급은 큰 의미를 가질 수 있고, 그러지 못할 경우 추가적인 Mg 시비가 필요함을 나타낸다. 또한 목초 중 Mg 임계수준인 0.2% 이상(Finck, 1969)의 함량을 얻기 위해서는 Mg/K 당량 비율이 1.2는 되어야 한다(Horvath and Todd, 1968)는 조건과 특히 Mg/K비가 Ca/Mg비 보다 牧草의 Mg 함량에 미치는 영향이 더 크다는 특성(Grunes, 1979)을 고려할 때 단순한 3要素만의 시비는 K 함량의 큰 증가가 예상되므로 상당량의 Mg 시비도 병행되어야 하는 초지 시비관리가 합리적임을 보여주고 있다.

Ca/Mg 당량비율은 5이하(Horvath and Todd, 1968)가 적합하다는 보고와 비교할 때 공시토양은 5.14로 약간 높은 수준이었으나 초지조성 시비처리시 석회를 사용함에 따라 Ca 함량이 높아지므로 상술한 Mg/K 당량비 특성과 같이 Mg 시비도 병

행해야 함을 나타내고 있다. 또한 별도 Mg 시비가 없이 석회 및 3요소 시비는 Mg 흡수이용에 더욱 불리한 조건을 만들고(鄭 등, 1982), 목초 중 Mg 함량 부족을 더욱 심화시켰다는 보고(鄭과 李, 1986)는 초지조성 및 관리비에서 Mg 시비를 강조하고 있다.

목초의 품질과 관련하여 초지토양의 특성들에서 당량비가 Ca:Mg:K=10:1:1(Fine and Shannon, 1976), K/Mg = 0.5~1.0(Horvath and Todd, 1979), 그리고 Mg 함량이 0.41meq/100g 수준(Felbeck, 1959)이 유지되는 것이 적합하다는 보고들과 비교하여 볼 때 공시토양은 표 3과 같이 Mg이 0.21 수준으로 가장 불량한 조건이었으며, 더욱이 초지조성 시비로 석회 및 3요소만의 시비는 Ca:Mg:K 및 K/Mg 당량비를 tetany와 관련하여 볼 때 더욱 불량화 하는 조건이 된다.

결론적으로 상술한 공시토양의 염기들의 특성(함량과 균형비)은 목초의 정상생육 및 품질향상에 불리한 조건일 뿐만 아니라 가축에 grass tetany 유발 가능성을 높여줄 수 있는 특성을 보였다. 따라서 신개간 산지토양에서는 초지토양 비옥도 증진을 위하여 Mg 시비와 더불어 염기 균형시비의 필요성이 강조되고 있다.

2. 牧草 중 염기의 함량 및 상대비와 grass tetany 위험성

목초 중 무기양분 함량과 염기간의 상대비에 따른 방목우에 grass tetany 발생이 가능한 요인들로서 목초의 낮은 Mg 함량인 0.2% 이하(Gross, 1973; Kemp, 1960; Kemp and Hart, 1957)와 높은 K 함량인 2.5% 이상(Gross, 1973; Grunes etc., 1970), 그리고 K/(Ca+Mg) 당량비가 2.2이상(Gross, 1973; Kemp and Hart, 1957) 등이 보고되고 있다. 따라서 초지

Table 3. Comparison of the mineral proportions of soil used in pot experiment(soils : sampled from the surface soil of uncultivated hilly upland, Songjung series)
(based on exch. meq)

	% Mg of CED	Mg/K	Ca/Mg	Ca:Mg:K	K/Mg	Mg meq/100g
Critical level ¹⁾	10%	0.5	5	10:1:1	0.52	0.41
Soils used	2.7	1.05	5.14	5.4:1.1:1.0	0.95	0.21

¹⁾ related to good forage growth and grass tetany hazard, cited from various literatures which were noted in this paper.

Table 4. Contents and mutual balances of mineral nutrients in the mixed forages with different fertilizers under the same levels of NPK application

treatments (fertilizers used) ¹⁾	Mg %	K %	Ca %	K/(Ca+Mg) eq basis	Ca/P ratio % basis
Control	—	—	—	—	—
U-DS-PC	0.14	1.80	1.73	0.47	6.65
U-FP-PC	0.18	1.84	1.33	0.58	6.05
CF	0.24	1.79	2.06	0.37	7.10

¹⁾ U(urea), DS(double superphosphate), FP(fused phosphate), PC(potassium chloride, KCl), CF(complex fertilizer)

에는 석회시비 시 고토석회 비종의 선택이 더욱 강조되고 있다.

혼과목초의 Mg 함량에서는 중과석구 0.14%, 용인구 0.18%, 그리고 복비구는 0.24%를 보였는데 목초생육의 한계수준 함량 0.15~2.0%(Finck, 1969) 과 tetany 발생 가능성의 임계수준 0.2% 이하 (Gross, 1973; Kemp, 1960; Kemp and Hart, 1957) 수준에 비하면 복비구를 제외하고는 Mg 함량이 부족한 수준을 보였다. 목초 중 Mg 함량 0.25%도 유생산 및 방목유우의 건강에 미흡한 수준이라는 보고(De Groot, 1966)을 고려할 때 용인 및 복비의 부성분으로 함유된 Mg 함량으로도 미흡함을 나타내고 있다.

K/(Ca+Mg) 당량비에서는 전 처리구 공히 tetany 유발 임계수준인 2.2이상(Gross, 1973; Kemp and Hart, 1957)에 크게 미달되는 0.37~0.58로 안정수준을 보였다. 그러나 이러한 수준은 초지관리비로 단순한 3요소 시비의 연용에 따른 K 성분의 증가, 그리고 고토 및 석회 무시용의 관용시비에 따른 Ca과 Mg 부족(탈취량 증가)은 이 당량비 수치를 크게 높게 할 우려가 있다. 따라서 초지관리비에 연관하여 검토되어야 할 것이다.

가축의 건강에 적합한 사료 중 Ca/P 비율(%함량 기준)은 2 정도이며 이보다 차가 너무 클 경우에는 가축에 여러 생리장애를 가져온다(Reid and Jung, 1974)는 보고와 검토하여 보면 본 기초적인 초지조성비 비종시험에서 6.05~7.10 범위로 임계수준에서 크게 높았다. 이 문제는 원래 목초 중 Ca과 P 함량 차이가 큰 생리특성(특히 두과목초)을 고려하여 종합적인 방목우 영양관리와 연관시킨 별도의 연구과제로 검토할 필요가 있다.

IV. 적 요

신개간 산지초지의 定着, 牧草의 수량제고 및 품질향상 등에 미치는 초지조성비 비종별 시비효과를 비교·검토하여 합리적인 시비개선에 기여하고자 하였다. 미개간 산지토양의 표토(배지)를 공시하여 orchardgrass 와 ladino clover를 혼과한 pot 실험으로 기초실험을 수행하였다. 공시된 초지조성비 비료의 처리내용은 1) 무비구, 2) 요소-중과석-염가, 3) 요소-용인-염가 및 4) 복비(N-P₂O₅-K₂O-MgO-B₂O₃-OM; 6-18-5-3-0.2-10)이었다. 본보에서는 주로 grass tetany 위험성과 연관된 토양 및 牧草 중 무기양분의 균형문제를 검토하였다.

1) 공시토양 중 치환성 Mg 함량이 낮았고, CEC에 대한 Mg 비율이 부적합하여 牧草의 정상생육을 저해하고 tetany 발생 가능성을 높여주는 조건이었다. 석회시비 및 3요소만의 시비는 Mg 비율이 더욱 불량해 질 수 있는 토양조건 이었다.

2) tetany 발생 위험성이 높은 목초 중 무기염기 특성(Mg 함량 <0.2%, K 함량 >2.5%, K/(Ca+Mg) 당량비 >2.2%)들과 비교할 때, Mg 함량이 중과석구 0.14%, 용인구 0.18%, 복비구는 2.4% 수준 이었다. %K 및 K/(Ca+Mg) 당량비는 각 처리구 공히 이들 임계수준과 비교할 때 위험성을 보이지 않았다.

3) 가축건강과 연관된 목초 중 Ca/Mg 적정 함량비(2.0, %기준)에 비해서 전 처리구 6.1~7.1 수준으로 높았다.

V. 인용문헌

1. De Groot, T. 1966. The grazing dairy cows in relation to its environment under intensive farming conditions. Rep. 9th Int. Cong. Anim. Prod. Proc.(Edinburgh, Scotland). 165-173.
2. Ellis, R. Jr. 1979. Influence of soil, liming, magnesium, potassium, and nitrogen on magnesium composition of plants. In; Grunes, grass tetany. ASA. 79-92.
3. Felbeck, G.T. Jr. 1959. Problems of Mg assay in soils. In; Anderson(ed.), Mg and agriculture. W. Virginia Univ., Morgantown.
4. Finck, A. 1969. Pflanzenernaehrung in Stickworten. Verlag Ferdinand Hirt, Kiel. 88~90, 143-158.
5. Fine, L.O. and D.G. Shannon. 1976. Growth and composition of sudangrass on high Ca, low Mg soil. Agron. J. 68:671-674.
6. Fontenot, J.P. 1979. Animal nutrition aspects of grass tetany. In; Grunes(organizer), Grass tetany. ASA. USA. 51-62.
7. Gross, C. 1973. Managing Mg-deficient soils to prevent grass tetany. Proc. Meet. Soil Conserv. Soc. Am., Hot Springs, Ark., Oct. 1.
8. Grunes, D.L. 1979. Grass tetany. ASA. CSSA. SSSA. Madison, Wisconsin. Preface.
9. Grunes, D.L., R.R. Stout, and J.R. Brownell. 1979. Grass tetany ruminants. Adv. Agron. 22: 331-347.
10. Horvath, D.J. and J.R. Todd. 1968. Magnesium supplements for cattle. Proc. 23 Texas Nutr. Conf. Texas Agric. Exp. Stn., College station. 96-104.
11. Kemp, A. 1960. Hypomagnesemia in milking cows; The response of serum magnesium to alterations in herbage composition resulting from K and N dressings on pasture. Neth. J. Agr. Sci. 8:281-304.
12. Kemp, A. and M.L. Hart. 1957. Grass tetany in grazing milking cows. Neth. J. Agr. Res. 5:4-17.
13. Mayland, H.F. and D.L. Grunes. 1979. Soil-climate-plant relationships in the etiology of grass tetany. In; Grunes, grass tetany. ASA. 123-175.
14. Metson, A.J. 1974. Magnesium in New Zealand soil. I. Some factors governing the availability of soil magnesium. A review, N. Z. J. Exp. Agric.
15. Reid, R.L. and G.A. Jung. 1974. Effects of elements other than N on the nutritive value of forage. In; Mays, D.A.(ed.), Forage fertilization. ASA, USA. 395-435.
16. Sheffer, F. and P. Schachtschabel. 1979. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. 6.
17. Shin, Y.H. 1972. The description and classification of Korean soils. ASPAC Technical Bulletin No. 10.
18. Weinberger, P. 1979. 한국에 있어서 산지의 초지개량기술. 한초지, 1(2):7-13.
19. Weinberger, P. 1982. 산지초지 조성을 위한 임야지의 제특성. 한초지, 3(1):10-11.
20. 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.
21. 농기연. 1978. 주요시험연구사업과 연구방향. 농업기술연구소. 97, 126
22. 농진청. 1974. 신개간지 영농기술. 농촌진흥청, 11-55.
23. 농진청. 1982. 산지초지조성과 이용. 농촌진흥청. 35-46, 126-127, 196-209.
24. 농진청. 1983. 농사시험연구 조사기준. 농촌진흥청, 改正 第1판; 식물환경 및 사료 작물편.
25. 柳寅秀. 1978. 산지토양의 특성 및 개량. 한토비지, 11(4):247-262.
26. 原田勇. 1979. 牧草의 營養과 施肥. 養賢堂. 東京. 4-6.
27. 李種基. 1970. 지역별 목초의 영양진단. 식환연구보고서, 4-695-714.
28. 鄭連圭. 1984. 초지토양관리와 비료. 한국가리연구회.
29. 鄭連圭, 朴炳勳, 李鍾烈 외. 1982. 석회 및 3요소 사용수준이 걸쭉림 산지초지에 미치는 영향(I-IV보), 한초지, 24(6):493-516.
30. 鄭連圭, 李鍾烈. 1986. 산지경사도 및 3요소 사용수준이 초지토양 및 목초 중 무기 양분의 상호균형과 grass tetany 위험성에 미치는 영향. 한초지지, 19(3):231-238.
31. 許奉九, 趙仁相, 閔庚範, 嚴基泰. 1984. 우리나라 토양의 대표적인 물리화학적 특성. 한토비지, 17(4):330-336.