

弱酸性 土壤에서 石灰와 磷酸施用이 Alfalfa의 生長 및 窒素固定에 미치는 影響

최기춘 · 전우복

Effect of Lime and Phosphate Applications on Growth and Nitrogen Fixation of alfalfa in Low Acid Soil

Ki-Chun Choi and Woo-Bock Chun

Summary

This study was carried out to investigate the effects of lime(0, 250, 500 and 1,000 kg/10a) and phosphate (0, 17 and 34 kg/10a) applications on growth and nitrogen fixation of alfalfa (*Medicago sativa* L.).

The phosphate applications improved($p < 0.05$) shoot, root and root nodule dry weight of Alfalfa and acetylene reduction activity of alfalfa with increasing levels of phosphate in the soil pH 6.2 at 7 and 12 weeks(early bloom) after sowing, but these were not influenced with lime applications.

Total nitrogen content of each part of alfalfa was increased with lime application, but was not significantly different by levels of lime application at 7 weeks after sowing. Application of phosphate did not affect total nitrogen content of each part of alfalfa. Total nitrogen contents of each part of alfalfa were not significantly different between lime and non-lime application at 12 weeks(early bloom) after sowing but were decreased($p < 0.05$) with phosphate application($p < 0.05$).

These results suggest that lime(250 kg/10a) and phosphate(34 kg/10a) applications are effective for the growth and the nitrogen fixation of alfalfa at the soil pH 6.20.

I. 서 론

양질의 목초는 초식가축에 있어서 중요한 사료자원이므로 양질의 조사료를 생산하여 양축농가에 보급하는 일이 대단히 중요하다. 특히 사료가치가 높은 alfalfa는 다년생목초로서 예취 또는 방목으로 이용되며, 일반목초에 비하여 영양소가 풍부하고, 단위 면적당 생산량이 많으며, 토양과 대기중에 있는 질소를 고정하여 이용하기 때문에 다른 목초에 비해 많은 장점을 가지고 있다. 이처럼 alfalfa의 우수성은 인정되나 우리나라와 같은 산성토양은 alfalfa의 생육 및 생산성에 제한요인으로 작용되고 있다. Alfalfa는 pH 6.8~7.5 정도의 토양에서 생육상태가 좋고, 질소고정도 활발히 진행함으로(Woodruff, 1967) 우리나라와 같은 산성토양에서는 반드시 토양을 개선해 주어야

하는데, McLean과 Brown(1984)은 pH 6.0~6.6 정도인 토양에서 alfalfa 생산량이 최대로 도달된다고 보고하였다. 한편 초지에 alfalfa를 처음으로 재배하고자 할 때는 질소고정량을 증가시키기 위해서 친화성이 강한 근류균을 접종해야 한다. 이처럼 두과목초는 토양과 공기중의 질소를 이용하는 능력이 있으므로 오히려 많은 양의 화학비료를 사용할 경우 환경오염을 일으키기 때문에 오늘날 생물학적 질소고정에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

따라서 우리나라와 같은 산성토양에서 alfalfa의 재배이용에 관한 많은 연구가 요구되고 있다. 그러므로 본 시험은 석회와 인산시용이 alfalfa의 생장 및 질소고정에 영향을 미치는 기초자료를 얻고자 온실에서 Pot로 수행되었다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 전남대학교 농과대학내 vinyl house에서 1/3500a pot(직경 20cm, 높이 18cm)로 수행되었으며, 1/3500a pot에 사료포에서 채취한 양토와 vermiculite를 각각 1/2씩 채우고 (mixed soil, pH 6.2) 모든 비료를 전량기비로 사용한 다음 혼합하였다. 시험구처리하는 석회를 주구, 인산을 세구로 한 12처리 4반복의 완전임의 배치법으로 하였으며 석회(농용석회 CaO와 MgO 45.5%, 시용수준은 10a 당 0, 250, 500, 1,000 kg, 인산시용수준은 0, 17, 34 kg으로 하였고 질소(5 kg), 칼리(20 kg), 및 붕사(3 kg)는 모든 처리구에 동일하게 pot에 시용하였다. 1990년 3월 20일 각각의 pot에 근류균이 접종된 종자 20~30개씩 점파하였으며 발아 후 3회에 걸쳐서 솟아내어 각 pot에 10개체씩 가꾸어 조사하였다. 그외 관리로서는 살충제를 사용하여 진딧물을 방제하였으며, 수시로 제초작업을 하였고, 관수는 실험초기에 토양내에 알맞은 수분함량을 계산하여 pot 중량을 측정하여 수분이 부족하지

않도록 하였다.

본 시험성적은 2회로 나누어 조사 하였는데, 1차 조사는 파종 후 7주, 2차조사를 파종후 12주(개화초기)에 수행하였다.

본 시험에서 사료포의 토양과 vermiculite를 혼합하여 이용한 토양의 이화학적 성질은 표 1과 같다.

조사방법은 pot내의 alfalfa를 지상부와 지하부가 상하지 않도록 조심히 들어내어 흐르는 물에 깨끗이 씻은 다음 지상부 및 지하부를 분리하여 지상부는 봉투에 넣어 70℃의 dry oven에서 48시간 건조시킨 후 건물중을 측정하였다. 지하부는 질소고정력 측정을 위해 acetylene 환원병에 넣어 환원력 시험을 끝마친 후 다시 흐르는 물에서 오물을 제거한 다음 봉투에 넣어 건조한 후 지하부의 건물중을 측정하였다.

건조된 지상부와 지하부 시료는 wiley mill로 분쇄하여 desiccator에 보관 하였다가 전 질소함량(AOAC, 1980)을 분석하는데 이용하였고, 근류에 대한 질소고정력은 Gas Chromatograph(Shmadzu Model GC-6A)을 이용하여 acetylene 환원력을 측정하였다.

Table 1. Chemical properties of the experimental soil

pH (1:5 H ₂ O)	Organic matter(%)	Total nitrogen(%)	Available		Exch. cations (me/100g)				CEC (me/100g)
			P ₂ O ₅ (ppm)	SiO ₂ (ppm)	K	Ca	Mg	Na	
6.20	2.37	0.26	82.20	9.20	1.44	3.64	1.00	0.52	8.00

III. 결과 및 고찰

1. 지상부와 지하부의 건물중

Alfalfa의 지상부와 지하부의 건물중은 파종후 7주와 12주(개화초기)에 조사 하였는데 그 결과는 표 2 및 표 3과 같다. 파종 후 7주와 12주(개화초기)에 있어서 alfalfa의 지상부와 지하부의 건물중에 대한 석회 시용효과는 나타나지 않았다. 산성토양과 인산 결핍토양에서 석회의 시용은 인산의 흡수를 촉진시키며(Yun, 1971), 적당량의 석회시용은 지하부의 생장을 향상시킴으로써 시용된 인산의 흡수를 촉진시킨다고 Crocker 등(1985)은 보고하였고 Pearson과 Horveland (1974)도 pH가 5.0~6.0인 토양에서 석회를 시용함으로써 alfalfa 생산량을 증가 시킨다고 보고하였다. 그러나 본 시험에 있어서 석회시용 효과가 나

타나지 않는 것은 시험에 사용된 토양의 pH가 6.2인 토양조건 차이에서 기인된 것으로 생각된다. 한편 파종 후 7주와 12주(개화초기)에 있어서 alfalfa의 지상부와 지하부의 건물중에 대한 인산시용 효과는 유의적으로 증가되었다(p<0.01). 그리고 alfalfa의 지상부와 지하부의 건물중에 있어서 석회와 인산의 상호작용효과는 시험기간 동안 인정되지 않았다.

2. 근류의 건물중

파종 후 7주까지는 근류발달의 초기단계로서 외관상으로 유효근류와 무효근류의 형성이 확인되었으나 근류채취는 곤란하였다.

표 3에 나타난 바와 같이 파종 후 12주(개화초기)에 질소고정력은 활발히 진행되었으며 근류의 발달이 왕성하여 육안으로 판별이 가능하였는데, 핑크색으로 보이는 유효근류와 흰색 내지 녹색으로 보이는

무효근류가 확인되었다(Hardy 등, 1971). 파종 후 12 주(개화초기)에 근류의 건물중에 있어서 석회시용 효과는 나타나지 않았으나 석회 무시용구보다 약간 증가하는 경향을 보였다.

Pot당 acetylene 환원력과 근류의 건물중을 비교해 보면 약산성 토양조건에서 석회시용은 무시용구에 비해 유효근류의 생성이 감소됨을 알 수 있었다. 이

러한 결과는 산성토양에서 석회시용이 근류형성을 촉진시킨다는 보고(Pohlman, 1946; Lee와 Lee, 1981; 전등, 1993)와 상반된 결과를 보이고 있는데 그 원인은 본 시험에 사용된 토양의 pH가 6.2인 토양조건의 차이에서 기인된 것으로 생각된다. 한편 인산시용구는 인산 무시용구보다 근류의 건물중이 증가하였다 ($p < 0.05$).

Table 2. Dry weight and acetylene reduction activities of each part of alfalfa at 7 weeks after sowing

Treatment (kg/10a)	Dry weight(g/10 plants)				C ₂ H ₄ nM/ 10 plants/hr.	C ₂ H ₄ nM/ Nodule DMg/hr.
	Shoot	Root	Total	nodule		
0	0.98 ^a	0.33 ^a	1.31 ^a	—	2.84 ^a	—
250	1.05 ^a	0.36 ^a	1.41 ^a	—	3.91 ^a	—
Lime 500	0.91 ^a	0.30 ^a	1.21 ^a	—	3.69 ^a	—
1,000	0.89 ^a	0.32 ^a	1.21 ^a	—	3.95 ^a	—
F-Value	0.53	0.60	0.56	—	0.45	—
0	0.58 ^c	0.22 ^c	0.80 ^c	—	2.13 ^b	—
P ₂ O ₅ 17	1.00 ^b	0.34 ^b	1.34 ^b	—	3.66 ^{ab}	—
34	1.30 ^a	0.43 ^a	1.73 ^a	—	5.00 ^a	—
F-Value	80.90 ^{**}	27.26 ^{**}	76.91 ^{**}	—	5.82 ^{**}	—
F-Value Lime X P ₂ O ₅	0.90	0.27	0.51	—	1.92	—

ab,c means in the same column are different($p < .05$)

*: Significant($p < .05$) **: Significant($p < .01$)

Table 3. Dry weight and acetylene reduction activities of each part of alfalfa at 12 weeks after sowing

Treatment (kg/10a)	Dry weight(g/10 plants)				C ₂ H ₄ nM/ 10 plants/hr.	C ₂ H ₄ nM/ Nodule DMg/hr.
	Shoot	Root	Total	nodule		
0	10.61 ^a	7.34 ^a	17.95 ^a	0.15 ^{ab}	4,599.90 ^a	29,928.10 ^a
250	11.77 ^a	7.66 ^a	19.43 ^a	0.17 ^a	3,949.44 ^a	23,876.11 ^a
Lime 500	12.53 ^a	7.92 ^a	20.45 ^a	0.17 ^a	3,761.93 ^a	22,575.22 ^a
1,000	11.71 ^a	8.07 ^a	19.78 ^a	0.13 ^b	3,710.66 ^a	29,958.54 ^a
F-Value	1.47	0.27	0.89	3.12 [*]	0.47	0.34
0	9.73 ^c	5.94 ^c	15.67 ^c	0.14 ^b	2,967.42 ^b	22,962.32 ^a
P ₂ O ₅ 17	11.94 ^b	7.90 ^b	19.84 ^b	0.16 ^a	4,038.72 ^{ab}	25,610.12 ^a
34	13.29 ^a	9.42 ^a	22.71 ^a	0.16 ^a	5,010.32 ^a	31,181.80 ^a
F-Value	16.12 ^{**}	20.35 ^{**}	30.05 ^{**}	3.15 [*]	4.98 ^{**}	0.96
F-Value Lime X P ₂ O ₅	1.98	1.62	5.74 ^{**}	0.53	0.88	0.74

ab,c means in the same column are different($p < .05$)

*: Significant($p < .05$) **: Significant($p < .01$)

3. 질소고정력

근류의 질소고정 활성은 acetylene 환원력을 이용하여 조사하였는데 그 결과는 표 2 및 표 3과 같다.

파종 후 7주와 12주(개화초기)에 있어서 질소고정력은 인산 시용량이 증가함으로써 높아졌으나 ($p < 0.01$) 석회시용 효과는 인정되지 않았다. 이상의 결과로 미루어보아 토양 pH 6.0이상인 토양에서 석회의 시용은 근류발달에 영향을 미치지 못하였으나 적적량의 인산은 근류발달을 촉진시키므로 토양조건에 따라 적당량의 석회와 인산을 시용해야 한다고 생각

된다.

4. 전질소 함량

석회와 인산시용에 따른 전질소 함량은 표 4와 같다. 파종 후 7주에서 alfalfa의 부위별 전질소 함량은 석회시용구가 무시용구보다 증가하였으나, 석회시용수준간에는 차이가 나타나지 않았으며 인산시용 효과도 나타나지 않았다. 파종 후 12주에서 alfalfa의 부위별 전질소 함량은 석회시용구와 무시용구사이에 차이가 나타나지 않았고, 인산시용구는 무시용구보다 낮아지는 경향을 보였으며($p < 0.05$), 석회 및 인산간의 상호작용 효과는 인정되었다($p < 0.01$).

Table 4. Total nitrogen content of alfalfa by various levels of lime and phosphate applications at 7 and 12 weeks(early bloom) after sowing

Treatment (kg/10a)	Total nitrogen content (%/DM)			
	7 Weeks		12 Weeks	
	Shoot	Root	Shoot	Root
0	5.17 ^b	4.11 ^b	3.24 ^a	1.86 ^a
250	5.63 ^a	4.75 ^a	3.31 ^a	1.97 ^a
Lime 500	5.33 ^b	4.61 ^a	3.36 ^a	1.80 ^a
1,000	5.38 ^{ab}	4.46 ^{ab}	3.23 ^a	1.82 ^a
F-Value	3.88 ^{**}	3.40 ^{**}	1.48	2.17
0	5.42 ^a	4.48 ^a	3.35 ^a	1.97 ^a
P ₂ O ₅ 17	5.29 ^a	4.40 ^a	3.29 ^{ab}	1.79 ^b
34	5.42 ^a	4.57 ^a	3.21 ^b	1.84 ^b
F-Value	0.68	0.35	2.85 [*]	5.03 ^{**}
F-Value Lime X P ₂ O ₅	4.53 ^{**}	1.57	3.76 ^{**}	2.45 [*]

^{ab} means in the same column are different($p < .05$)

*: Significant($p < .05$) **: Significant($p < .01$)

IV. 적 요

본 시험은 석회(0, 250, 500, 1,000 kg/10a)와 인산(0, 17 및 34 kg/10a) 시용이 alfalfa의 성장 및 질소고정에 미치는 영향을 구명하기 위하여 전남대학교 농과대학내 온실에서 pot로 수행되었는데 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

시험기간동안 alfalfa의 지상부와 지하부의 건물중, 근류중량 및 acetylene 환원력은 pH 6.2인 토양에서

석회시용 효과가 인정되지 않았지만, 인산시용 효과는 인정되었다($p < 0.05$).

파종 후 7주에서 alfalfa의 부위별 전질소 함량은 석회시용구가 무시용구보다 증가하였으나 석회시용수준간에는 차이가 나타나지 않았으며 인산시용 효과도 나타나지 않았다. 파종 후 12주에서 alfalfa의 부위별 전질소 함량은 석회시용구와 무시용구사이에 차이가 나타나지 않았고, 인산시용구는 무시용구보다 낮아지는 경향을 보였다($p < 0.05$).

이상의 결과를 종합해 볼 때, pH 6.2인 약산성 토양에서 석회 10a당 250 kg 시용구와 인산 34 kg 시용구가 alfalfa의 생장 및 질소 고정에 유리하게 작용하였다.

V. 인용문헌

1. AOAC. 1980. Official methods of analysis(13th). Washington D.C.
2. Chun, W.B., K.C. Choi, J.C. Chul, D.H. Kim and K.H. Kim. 1993. Effect of lime and phosphate applications on growth and nitrogen fixation of alfalfa in acid soil. J. Korean Grassl. Sci. 13(4):274-277.
3. Crocker, G.J., K.P. Sheridan and I.C.R. Holford. 1985. Lucerne responses to lime and interactions with other nutrients on granitic soils. Aust. J. Exp. Agric. 25:337-346.
4. Hardy, R.W.F., R.C. Burns, R. Herbert, R.D. Holsten and E.K. Jackson. 1971. Biological nitrogen fixation: a key to word protein. Plant and Soil., Special Vol. 561-590.
5. Lee, K.H., and H.J. Lee. 1981. Effects of seed inoculation of *Rhizobium meliloti* and lime application on the early growth of alfalfa in an acid soil. Korean J. Crop Sci. 26(2):198-206.
6. Mclean, E.O. and J.R. Brown. 1984. Crop response to lime in the midwestern United States. In F. Adams (ed.) Soils acidity and liming. 2nd ed. Agronomy 12:267-303.
7. Pearson, R.W., and C.S. Hoveland. 1974. Lime needs of forage crops. In D.A. Mays(ed) Forage fertilization. ASA, CSSA and SSSA 301-322.
8. Pohlman, G.G. 1946. Effect of liming different soil layers on yield of alfalfa and root development and nodulation. Soil Sci. 62:255-266.
9. Woodruff, C.M. 1967. Crop response to lime in the midwestern United States. In R.W. Pearson and F. Adams (ed.) Soils acidity and liming. Agronomy. 12:207-231.
10. Yun, I.S. 1971. Studies on the fertilizer application to ladino clover growth on Korean soil. Korean Grassl. Research Institute, Kon-Kuk Uni., 87-120.