

석사학위논문

Ca^{++} 처리가 한지형잔디의 생육 및
무기성분함량에 미치는 영향



제주대학교 대학원

원예학과

김 성 규

2002년 6월

Ca⁺⁺처리가 한지형잔디의 생육 및 무기성분함량에 미치는 영향

지도교수 강 훈

김 성 규

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함



2002년 6월

김성규의 농학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____

위 원 _____

위 원 _____

제주대학교 대학원

2002년 6월

Influence of Ca⁺⁺ Treatment on Growth and
Mineral Elements of Cool-Season Turfgrass
Species.

Kim, Seong-kyoo
(Supervised by Professor Kang, Hoon)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF
AGRICULTURE

DEPARTMENT OF HORTICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2002. 6

목 차

Summary	1
I. 서 론	2
II. 연구사	4
III. 재료 및 방법	7
IV. 결과 및 고찰	10
V. 적 요	19
VI. 인용문헌	20



Summary

The influence of calcium on the growth of creeping bentgrass 'Penn-A1', perennial ryegrass 'Palmer II', kentucky bluegrass 'Nassou' and tall fescue 'Boonsai 2000' in greenhouse was investigated.

Creeping bentgrass 'Penn-A1', kentucky bluegrass 'Nassou' and tall fescue 'Boonsai2000' at Ca 4.0me/L, and perennial ryegrass 'Palmer II' at Ca 2.0me/L showed the best shoot growth, and there was little or no difference between different Ca concentrations, but some difference between Ca treatment and control.

Creeping bentgrass 'Penn-A1', perennial ryegrass 'Palmer II' and kentucky bluegrass 'Nassou' at Ca 1.0me/L, and tall fescue 'Boonsai2000' at Ca 4.0me/L showed the best root growth, and there was little or no difference between different Ca concentrations.

Creeping bentgrass 'Penn-A1' and kentucky bluegrass 'Nassou' at Ca 4.0me/L, and perennial ryegrass 'Palmer II' at Ca 1.0me/L had the highest No. of tillers, and there a lot of was difference between Ca treatments, and tall fescue 'Boonsai2000' at Ca 4.0me/L had the highest, but there was no difference between different Ca concentrations.

As application rate of Ca concentration became higher, the concentration of Ca in plant tissue content increased, while Mg concentration of Fe in tissue content increased to Ca 4.0me/L. The Ca treatment had not effect on N,P,K, and Zn of tissue content.

The wick pot applied will be to research of plant nutrition in future because utilization of wick pot has an excellent precision and convenience.

I. 서 론

잔디류는 각종 환경에 대한 적응력이 매우 강한 편으로 척박한 토양을 피복할 목적으로 많이 이용되어 왔다. 최근 국민의 생활 수준이 향상되면서, 환경미화에 대한 관심이 증가되어 그 효용성은 더욱 높아지고 있는 실정이다. 한편 일반가정, 각종 스포츠 시설의 환경미화 및 경기장과 골프장의 주요 식재 식물로써 잔디의 중요성이 인정됨에 따라 잔디의 조성 및 이용 면적은 매년 증가되고 있다(Beard, 1973; 일본지초학회, 1988)

현재까지는 양질의 잔디밭을 유지시키기 위해 화학비료가 많이 사용되고 있어 결국 잔디밭 토양은 산성화가 되기 때문에 질소, 인산, 칼륨의 적정시비(황 등, 1999; 김 등, 1995; 김 등, 1997)와 유기물 시비(최 등, 1994; 함 등, 1993; 1997)에 대한 연구는 많이 이루어지고 있다.

그러나 우리나라의 토양중에는 잔디의 생육에 필요한 석회가 어느정도 함유되어 있으므로 잔디 생육에 석회 결핍 현상은 크게 나타나지 않는다. 시비의 필요성이 있는 토양에서도 칼슘은 질소, 인산, 칼륨에 비해 시비량이 적기 때문에(안 등, 1992) 칼슘 시비에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

칼슘은 지곡의 3.64%나 차지하는 원소이나 주로 식물의 잎에 집중되어 있으며 체내에서는 비교적 이동하기 어려운 상태로 존재하나 뿌리로의 흡수도 잘 되지 않는 영양소중의 하나이다. 또한 중요한 생리적 작용은 식물체의 골격을 형성하고 칼륨이온과 더불어 세포막의 투과성 및 원형질 교질의 수화성 등을 조절하며, 체내의 과잉 산류나 유해한 산류를 중화하여 그것과 결합 함으로서 용해하기 어려운 염을 가용태로 만드는 작용을 한다(Mengel 등, 1978).

따라서 본 연구는 Ca 수준이 한지형 잔디의 생육, 수량 및 무기성분함량

등에 미치는 영향을 규명하여 골프장을 비롯한 기타 잔디조성에 필요한 기초자료를 얻기 위하여 수행하였다.

아울러 최근 분화재배에 널리 이용되고 있는 심지재배 화분을 사용하여 본 연구의 목적과 같이 특정원소의 수준처리에 따른 간편화와 정확도를 확인하여 식물 영양학적 연구에 편리한 수단으로써의 심지화분 재배의 이용성에 대한 기초자료를 제공코자 하였다.



II. 연구사

한지형 잔디의 시비효과에 관하여는 Willhite et al.(1955), Detzenko et al.(1964), 윤 등(1981)이 1940년대부터 종자생산 및 건조생산에 미치는 효과에 관하여 많은 연구가 수행되어 왔다. 난지형 잔디중 여름과 겨울의 기온차가 극심한 우리나라에서 가장 중요한 초종인 한국잔디의 시비 및 번식에 관한 연구로서, 유 등(1967;1974), Yeam et al.(1985), 윤 등(1990)에 의하여 종자발아가 어려워 영양번식에 의존하여 왔으나 한국잔디의 발아촉진을 위한 연구결과로서 실용적인 종자번식방법이 밝혀졌다. 이에따라 Juska et al.(1965), Madison and Anderson(1963), Portz et al.(1981)에 의하여 한국과 위도가 비슷한 지역에서는 한국잔디를 종자번식하여 국토녹화에 이용 시행하고 있어, 그용도가 점차 다변화 되어가고 있다고 하였다.

칼슘은 pectin과 결합하여 세포조직이나 세포벽을 형성 유지하는 중요한 역할을 하며 세포분열 증식을 정상적으로 이루는데 필요하고 제효소의 구성 성분으로 효소활성에 관련 세포내의 이온 이동에 관여하며 특히 유수형성기-등숙기에 있어서 광합성산물의 작물체내 전류를 원활히 하는 중요한 기능을 갖는다고 보고하였다(신, 2001). 칼슘은 마그네슘, 칼륨, 나트륨 등의 이온과 길항 작용을 하여 이들이 단독으로 존재할 경우의 독작용을 완화하거나 이온간의 평형을 만들어 원형질의 완충력을 갖게 하고, 적당한 pH로 저장하는 등 작물의 정상적인 생장, 발육에 기여하고 있다. 칼슘은 난이성으로 체내 이동성이 극히 어렵기 때문에 칼슘이 결핍하면 잎, 줄기, 뿌리 등의 생장점이 파괴되고 신엽, 신근의 전개가 현저히 저해된다고 보고하였다. 또한, Mckently(1981)는 칼슘은 세포의 분열과 신장에 필수적이며 칼슘결핍은 식물 분열조직(뿌리, 줄기, 과실, 근류)의 기형과 끝이 말라죽는(dieback) 현상

을 야기하는데 이것은 식물체 내에서 체관부이동 결핍과 부동화 때문이라고 보고 하였다.

김 및 강(1971), Koch(1986), Woodruff(1987)에 의하면 석회 시용에 의하여 라디노 클로버, 알팔파, 옥수수의 건물 수량이 증수되었다고 한다. Arshad(1997)는 Canola에서의 석회 시용으로 0~20cm 토양의 pH가 증가하였으나 20~30cm 깊이의 토양의 pH에는 영향이 없었다고 하였고, 그리고 0~20cm 사이의 토양에서 NO₃-N가 증가하였다고 하였으나. 그러나, P와 NH₄-N는 증가하지 않았다. 그리고, 종자의 수량과 건물중은 증가하였다고 보고하였다. 이는(1989) 담배에서 석회의 시용에 따른 K, P의 함량은 차이가 없었으나 Ca 함량이 높아지고 Al, Mn, Fe함량은 감소하였다 라고 보고 하였다. Fenn et al(1990, 1993), Taylor et al(1985), Bailey(1991, 1992)는 Ca는 암모늄태 질소의 흡수를 향상시키고 식물의 수량을 증가시킨다고 하였다. Sung and Lo(1990)는 식물에서 Ca는 암모늄이온과 칼륨이온의 흡수를 증진시키며, 대사물질의 이동을 향상시키고 광합성량을 증가시킨다고 하였다.

Fenn et al(1995)은 Ca가 Wheat, Barley, Oat에서 종자수량을 증가시켰고 분얼경도 증가하였다고 보고하였다. Alley(1981)는 칼슘공급이 증가함에 따라 Corn, Barley, Alfalfa의 수량이 증가한다고 하였다. Hathcock(1984)는 Kentucky bluegrass, Tall fescue의 종자에 칼슘을 Coating하여 과중하면 발아율이 높아진다고 하였다.

땅콩에서 석회는 근부에서 흡수하여 지방내에 쉽게 축적되고 발육중의 지방에서도 직접 흡수되며 석회를 시용 함으로서 분지 발생이 잘 발달하고 착색이 양호하나 석회를 시용 하지 않은 것에서는 분지는 미약하고 착색이 불량하다고 하였다(성, 1997).

Miyasaka(1990)는 Wheat에서 칼슘수준이 높아질수록 뿌리 건물중은 증가하고 뿌리 길이는 길어지고 T/R을 작아진다고 하였다. 그리고, 칼슘수준과

시간이 경과함에 따라 엽중의 칼슘함량은 높아진다고 하였으며, 엽중의 마그네슘과 칼륨함량은 감소하고 뿌리의 마그네슘함량은 증가한다고 하였다.

손(1972)은 땅콩에서 석회 시비량이 증가함에 따라 분지장과 분지수가 증가하고 지하부의 생체중 또한 증가하였다고 하였고, 석회 시용으로 땅콩립중이 증가하였다고 보고하였다.

Edmeades등(1981, 1986)이 ryegrass와 white clover 혼파초지에서 석회를 시용했을 때 화분과 작물에 의한 질소의 이용성이 향상되었다는 보고하였다. 고 등(1992)은 Tall fescue의 건초 수량은 석회 및 인산 시용으로 증가되었고 Perennial ryegrass에서는 석회 시용에 의한 수량 차이는 없었다고 보고하였다.



Ⅲ. 재료 및 방법

본 실험은 공시 초종으로 Creeping bentgrass(*Agrostis palustris* Huds.) ‘Penn-A1’, Perennial ryegrass(*Lolium perenne* L.) ‘Palmer II’, Kentucky bluegrass(*Poa pratensis* L.) ‘Nassou’, Tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb.) ‘Boonsai2000’ 을 사용하여, 2000년 5월 9일부터 6월 28일까지 제주대학교 유리온실에서 수행하였다. 지름 14cm의 화분에 혼합상토(Sunshine Mix#2)를 채워서, 화분당 Creeping bentgrass는 0.1g, Perennial ryegrass 와 Tall fescue는 0.6g, Kentucky bluegrass 0.2g을 파종하여 5반복 난괴법으로 배치하였다.

Ca처리는 표 1에서 보여지는 바와 같이 임과 정(2001)이 제안한 양액조성 표에 따라 양액의 농도가 전처리 공히 36me/L이 되도록 고정하였고 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 로 Ca^{+2} 이온의 처리 수준을 변화 시켰으며, 양액내의 이온 평형을 조정하기 위하여 NaNO_3 의 수준을 변형 사용하였다. 양액은 pH 5.7로 조정하여 저수조의 3/4정도 고갈되면 계속 보충해 심지관수하였다(그림 1),(손 등, 2000). 발아 25일후인 6월 3일부터 1주일 간격으로 3회 예초 하였으며, 예초 높이는 Perennial ryegrass와 Tall fescue는 5cm, Creeping bentgrass 와 Kentucky bluegrass는 3cm로 예초 하였고, 예초할 때 각 화분에서 잘린 예초물의 길이와 생체중, 건물중을 측정하였으며, 6월 28일 잔디를 화분에서 꺼낸 후 물에 씻어 생육량을 조사하였다. 초장, 뿌리길이, 분얼수는 화분당 생육이 대표가 되는 10주를 선택하여 조사하였고, 생체중과 건물중은 화분당 측정하였다. 초장과 지상부의 생체중, 건물중은 예초할 때와 최종 조사한 것을 합산하여 표시하였다. 건물중은 건조기에서 60℃로 48시간 건조시킨 후 측정하였다.

무기성분은 식물체를 건조기에서 60℃로 48시간 건조후 분쇄기로 마쇄하여 시료를 준비하였다. 분쇄된 시료 0.5g을 켈탈튜브에 넣고 농황산(원액) 5mL를 넣고 분해대에서 400℃로 30분간 분해후 식힌다음 60%의 과염소산 5mL를 넣고 250℃에서 30분간 분해시켰다. 분해된 시료는 식힌후 100mL 볼륨플라스크에 넣고 증류수를 넣어 100mL가 되게 한 후 ICP를 이용하여 무기성분중 K, Ca, Mg, Zn, Fe을 분석하였다. N는 Kjeldahl 법으로 P는 Ammonium paramolybdate법으로 발색시켜 분광광도계로 측정하였다.



Fig. 1. The capillary wick system (CWS) utilized custom-designed plastic pots (13.5-cm diam, 10.5-height), each containing a specialized wick embedded in the root medium and extruded (5-cm long) out through one of the pot's five bottom holes.

Table 1. Nutrient solution used in the experiment.^Z

Treatment		Ion concentration(me/L)									
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	H ₂ PO ₄ ⁻	Cl ⁻	Total
Basic	MgSO ₄		2					2			
	NH ₄ H ₂ PO ₄				1				1		
	NH ₄ NO ₃				1		1				
Ca-0	KNO ₃			6			6				
	NaCl					2				2	
	NaNO ₃					6	6				
		0	2	6	2	8	13	2	1	2	36
Ca-0.1	KNO ₃			6			6				
	NaCl					2				2	
	NaNO ₃					5.9	5.9				
	Ca(NO ₃) ₂	0.1				0.1	0.1				
	0.1	2	6	2	7.9	13	2	1	2	36	
Ca-1	KNO ₃			6			6				
	NaCl					2				2	
	NaNO ₃					5	5				
	Ca(NO ₃) ₂	1				1	1				
	1	2	6	2	7	13	2	1	2	36	
Ca-2	KNO ₃			6			6				
	NaCl					2				2	
	NaNO ₃					4	4				
	Ca(NO ₃) ₂	2				2	2				
	2	2	6	2	6	13	2	1	2	36	
Ca-4	KNO ₃			6			6				
	NaCl					2				2	
	NaNO ₃					2	2				
	Ca(NO ₃) ₂	4				4	4				
	4	2	6	2	4	13	2	1	2	36	
Ca-8	KNO ₃			4			4				
	KCl			2						2	
	Ca(NO ₃) ₂	8					8				
	8	2	6	2	0	13	2	1	2	36	
Ca-8 · Na-8	KNO ₃			6			6				
	NaCl					2				2	
	NaNO ₃					6	6				
	CaSO ₄	8						8			
	8	2	6	2	8	13	10	1	2	52	

^ZEach solution contained 40.0mM FeSO₄ · 7H₂O, 4.0mM ZnSO₄ · 7H₂O, 20mM H₃BO₃, 0.5mM CuSO₄ · 5H₂O, 10mM MnSO₄ · H₂O, and 0.5mM Na₂MoO₄ · 2H₂O.

IV. 결과 및 고찰

Creeping bentgrass 'Penn-Al' 의 초장은 Ca 4.0me/L에서 40.5cm로 가장 길었지만 무처리구의 35.2cm를 제외하고는 Ca 처리간 유의성이 없었다. Shoot의 생체중은 Ca 4me/L에서 46.9g/pot로 가장 높았으며, Ca 1.0me/L의 43.0g/pot, Ca 2.0me/L의 44.5g/pot, Ca 8.0me/L의 43.8g/pot 와는 유의차가 없었지만, Ca 0.1me/L의 41.7g/pot, 무처리구 41.4g/pot 와는 유의차가 인정되었다. Shoot의 건물중도 Ca 4.0me/L에서 4.8g/pot 가장 양호하였으며 생체중과 같은 경향을 보였다.

뿌리길이는 Ca 1.0me/L에서 26.2cm로 가장 길었지만, Ca 8.0me/L를 제외하고는 유의차가 없었다. 뿌리의 생체중과 건물중은 Ca 1.0me/L, Ca 2.0me/L, Ca 4.0me/L사이에서는 유의차 없었지만 그외 처리구와는 유의차를 보였다.

분얼수는 Ca 농도가 증가함에 따라 증가하여 Ca 4.0me/L에서 10.4개로 가장 많았으며 다른 처리와 유의차를 보였다(표 2).

Perennial ryegrass 'Palmer II' 의 초장을 Ca 2.0me/L에서 60.6cm로 가장 길었지만 무처리구의 49.9cm를 제외하고는 처리간에 유의차가 없었으며, Shoot의 생체중과 건물중도 Ca 1.0me/L에서 80.1 g/pot 와 10.5g/pot로 가장 높았지만 처리간에 유의차가 없었다.

뿌리길이는 Ca 1.0me/L에서 32.2cm로 가장 길었지만 모든 처리간에 유의성이 없었으며, 뿌리의 생체중은 Ca 2.0me/L와 Ca 4.0me/L에서 18.1g/pot로 가장 높았으며, 다른 처리와 유의차가 인정되었다. 뿌리의 건물중은 Ca 4.0me/L에서 1.9g/pot로 가장 높았지만 Ca 2.0me/L와 Ca 8.0me/L간에는 유의차가 없었다.

Table 2. Effect of calcium on growth of creeping bentgrass 'Penn-A1'

Treatment ^z (me/L)	Shoot length (cm)	Shoot		Root		Root length (cm)	No. of tillers (ea/plant)
		Fresh weight (g/pot)	Dry weight (g/pot)	Fresh weight (g/pot)	Dry weight (g/pot)		
Ca-0	35.2b ^y	41.4c	4.3b	8.0bc	0.4b	24.2a	6.6c
Ca-0.1	38.4ab	41.7c	4.3b	9.7b	0.6b	24.5a	7.8b
Ca-1	39.7a	43.0bc	4.4ab	11.9a	1.1a	26.2a	7.8b
Ca-2	40.1a	44.5abc	4.7a	11.9a	1.1a	23.3ab	8.7b
Ca-4	40.5.a	46.9a	4.8a	11.9a	0.9a	23.3ab	10.4a
Ca-8	38.8a	43.8bc	4.4ab	7.9bc	0.4b	21.1b	8.1b
Ca-8 · Na-8	38.7a	43.7bc	4.1b	7.6c	0.4b	22.5b	6.7c

^z)See Table 1.

^y)Mean separation within columns by DMRT at 5%

분얼수는 Ca 농도가 증가할수록 많아져 Ca 1.0me/L에서 6.2개로 가장 높았으며 처리간에 유의차가 인정되었다(표 3).

Kentucky bluegrass 'Nassou' 의 초장은 Ca 4.0me/L에서 32.0cm로 가장 길었지만 Ca 처리간에는 유의차가 없었다. Shoot의 생체중과 건물중도 Ca 4.0 me/L에서 20.5g/pot와 3.0g/pot로 가장 높았지만 처리간에 유의차가 없었다.

뿌리길이는 Ca 1.0me/L에서 29.9cm 로 가장 길었고 농도가 증가할수록 뿌리길이가 짧아졌으며, 처리간에 유의차가 있었지만, 뿌리의 생체중과 건물중은 처리간에 유의차를 보이지 않았다. 분얼수는 Ca 4.0me/L에서 3.7개로 가장 많았고 처리간에 유의차가 있었다(표 4).

Tall fescue 'Boonsai 2000' 의 초장은 Ca 4.0me/L에서 56.7cm로 가장

길었고 처리간에 큰 차이를 보이지 않았다. Shoot의 생체중과 건물중도 Ca 4.0ml/L에서 76.6g/pot와 8.8g/pot로 가장 높았으며 무처리구와 Ca 0.1me/L를 제외하고는 큰 차이가 없었다.

Table 3. Effect of calcium on growth of perennial ryegrass 'Palmer II'

Treatment ^z (me/L)	Shoot length (cm)	Shoot		Root		Root length (cm)	No. of tillers (ea/plant)
		Fresh weight (g/pot)	Dry weight (g/pot)	Fresh weight (g/pot)	Dry weight (g/pot)		
Ca-0	49.9c ^y	63.8b	8.5b	14.0d	1.4b	29.7a	3.8c
Ca-0.1	59.4a	78.4a	10.2a	14.7d	1.4b	30.7a	4.9bc
Ca-1	59.0a	80.1a	10.5a	16.3c	1.5b	32.2a	6.2a
Ca-2	60.6a	79.7a	10.1a	18.1a	1.6ab	31.0a	5.8ab
Ca-4	59.3a	78.0a	10.1a	18.1a	1.9a	31.7a	4.4c
Ca-8	59.0a	76.6a	10.1a	17.4b	1.8a	30.8a	4.4c
Ca-8 · Na-8	54.6b	78.1a	10.0a	17.2b	1.8a	29.8a	4.1c

^z)See Table 1.

^y)Mean separation within columns by DMRT at 5%

뿌리길이는 Ca 4.0me/L에서 28.3 cm로 가장 길었으며, 농도가 높을수록 증가하는 경향을 나타내었다. 뿌리의 생체중과 건물중 그리고 분얼수는 Ca 4.0me/L에서 15.4g/pot, 1.6g/pot와 3.2개로 가장 높았지만 처리간에 유의차가 없었다(표 5).

Rangeley와 Bolton(1986)는 화분과 작물에서 석회시용에 의한 초장의 변화는 큰 차이가 없다고 보고하였는데 본 실험에서도 무처리구를 제외하고는 Ca 처리간에 초장의 차이를 보이지 않아 이전의 보고와 유사한 경향을 보였다.

Table 4. Effect of calcium on growth of kentucky bluegrass 'Nassou'

Treatment ^z (me/L)	Shoot length (cm)	Shoot		Root		Root length (cm)	No. of tillers (ea/plant)
		Fresh weight (g/pot)	Dry weight (g/pot)	Fresh weight (g/pot)	Dry weight (g/pot)		
Ca-0	26.5c ^y	14.3c	1.9b	4.0a	0.5a	17.5e	1.3d
Ca-0.1	31.5ab	17.7abc	2.5a	4.8a	0.6a	27.9ab	2.9bc
Ca-1	31.0ab	17.8abc	2.5a	5.4a	0.8a	29.9a	2.7bc
Ca-2	31.7a	19.3ab	2.8a	5.0a	0.7a	26.1bc	3.2ab
Ca-4	32.0a	20.5a	3.0a	5.1a	0.7a	24.1cd	3.7a
Ca-8	31.4ab	20.2a	2.9a	4.8a	0.7a	22.0d	2.6bc
Ca-8 · Na-8	29.3b	15.7bc	2.5a	3.9a	0.6a	23.1cd	2.3c

^z)See Table 1.

^y)Mean separation within columns by DMRT at 5%

Shoot의 생체중과 건물중은 Ca 처리와 무처리간에 유의차를 보였는데 Sartain(1993)도 Bermudagrass에서 Ca 공급은 예초물량을 증가시킨다고 보고하였으며, Tall fescue의 건초수량도 석회 및 인산 시용으로 증가되며,(고 등, 1992) Canolad에서도 석회시용으로 건물중이 증가한다(Arshad, 1997)고 하였다. 그러나 Ca 처리간에는 유의차가 없었는데 Perennial ryegrass는 Ca 공급에 의한 예초물량의 차이는 없다(Sartain, 1993),(고 등, 1992)고 하였으며, Orchard grass에서도 건물중은 석회시용 수준간에 차이가 없다는 보고(송, 1988)와 유사한 결과를 보였다.

Creeping bentgrass 'penn-Al' , Perennial ryegrass 'Palmer II' 와 Kentucky bluegrass 'Nassou' 는 Ca 1.0me/L, Tall fescue는 Ca 4.0me/L 에서 뿌리길이가 가장 길었지만, Kentucky bluegrass 'Nassou' 와 Tall

fescue 'Boonsai 2000' 에서만 Ca 처리에 따른 유의차가 인정되었는데, Miyasaka(1990)도 wheat에서 Ca 수준이 높아질수록 뿌리길이가 증가한다고 보고하였다.

Creeping bentgrass 'Penn-Al', Kentucky bluegrass 'Nassou' 와 Tall fescue 'Boonsai 2000'는 Ca 4.0me/L, Perennial ryegrass 'Palmer II' 1.0me/L에서 분얼수가 가장 많았는데, Orchardgrass와 Smooth beomegrass에서 석회시용량이 증가함에 따라 분얼수는 증가하며(송, 1988), 밀, 보리, 귀리 등에서도 Ca는 분얼수를 증가시킨다(Fenn 등, 1995)는 보고와 유사한 경향을 보였다. 그러나 Ca 8.0me/L에서는 분얼수가 감소된 것은 Ca 과잉에 의한 것으로 추찰되지만 좀더 심도있는 Ca 농도별 시험이 필요한 것으로 생각된다.

Table 5. Effect of calcium on growth of tall fescue 'Boonsai2000'

Treatment ^z (me/L)	Shoot length (cm)	Shoot		Root		Root length (cm)	No. of tillers (ea/plant)
		Fresh weight (g/pot)	Dry weight (g/pot)	Fresh weight (g/pot)	Dry weight (g/pot)		
Ca-0	51.7c ^y	58.1c	6.7c	14.2a	1.4a	23.8b	2.5a
Ca-0.1	53.0bc	65.9b	7.7b	14.5a	1.4a	24.1b	2.8a
Ca-1	54.5ab	70.8ab	7.8b	14.6a	1.6a	24.0b	2.7a
Ca-2	55.9ab	73.6a	8.3ab	14.7a	1.5a	25.8ab	3.0a
Ca-4	56.7a	76.6a	8.8a	15.4a	1.6a	28.3a	3.2a
Ca-8	52.9bc	73.7a	8.6a	14.2a	1.3a	27.7a	3.1a
Ca-8 · Na-8	52.2bc	74.7a	8.6a	14.5a	1.4a	26.3ab	3.1a

^z)See Table 1.

^y)Mean separation within columns by DMRT at 5%

공시초종의 Shoot내 무기성분함량은 Creeping bentgrass ‘Penn-A1’ 에서 N는 Ca 2.0me/L와 Ca 4.0me/L에서 3.84%, P는 무처리구에서 2.09%로 가장 높았으나 처리간에 유의차는 거의 인정되지 않았다. K는 Ca 4.0 me/L에서 3.71%, Fe는 Ca 4.0me/L에서 272.73ppm, Zn은 Ca 2.0me/L에서 43.8 ppm 으로 가장 높았지만 처리간에 유의차는 K를 제외하고는 없었다. Ca는 Ca 농도가 증가할수록 높아져 Ca 8.0me/L에서 0.62%로 가장 높았으며 Mg는 Ca와는 반대로 무처리구에서 0.45%로 가장 높았으며 Ca , Mg 모두 처리간에 유의성이 인정되었다(표 6).

Table 6. Effect of calcium on the mineral elements of creeping bentgrass Penn-A1’

Treatment ^z (me/L)	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	Fe(ppm)	Zn(ppm)
Ca-0	3.80a ^y	2.09a	3.21c	0.36e	0.45a	193.53b	35.29ab
Ca-0.1	3.78a	1.81b	3.32bc	0.37e	0.39b	232.00b	35.48ab
Ca-1	3.83a	1.80b	3.40bc	0.39de	0.38bc	239.27b	34.07ab
Ca-2	3.84a	1.88ab	3.46bc	0.42cd	0.37bc	257.47a	43.81a
Ca-4	3.84a	1.84ab	3.71a	0.50b	0.36c	272.73a	39.75ab
Ca-8	3.81a	1.92ab	3.60ab	0.62a	0.36c	196.73b	32.10b
Ca-8 · Na-8	3.92a	1.94ab	3.22c	0.46bc	0.32d	190.00b	33.00ab

^z)See Table 1.

^y)Mean separation within columns by DMRT at 5%

Perennial ryegrass ‘Palmer II’ 에서 N는 Ca 2.0me/L에서 3.53%, K는 Ca 1.0me/L에서 4.2%, Zn는 Ca 2.0me/L에서 64.59 ppm으로 가장 높지만 처리간 유의성이 없었으며, P는 무처리구에서 1.67% Fe는 Ca 4.0me/L에서 155.8ppm으로 가장 높았으며 처리간에 큰 차이를 보이지 않았다.

Ca 함량은 Ca 8.0me/L에서 0.58%, Mg는 무처리구에서 0.53%로 가장 높았는데 Ca는 농도가 높을수록 증가하였으나 Mg는 반대로 Ca 농도가 높을수록 낮아지는 경향을 보였고 각 처리간에 유의차가 인정되었다(표 7).

Table 7. Effect of calcium on the mineral elements of perennial ryegrass 'Palmer II'

Treatment ^z (me/L)	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	Fe(ppm)	Zn(ppm)
Ca-0	3.46a ^y	1.67a	4.14ab	0.34d	0.53a	96.06c	61.41a
Ca-0.1	3.44a	1.64a	4.18a	0.35d	0.46b	116.13bc	59.97a
Ca-1	3.49a	1.29b	4.20a	0.36d	0.42c	111.13bc	58.39a
Ca-2	3.53a	1.36ab	4.13ab	0.41c	0.43c	124.60abc	64.59a
Ca-4	3.45a	1.29b	4.14ab	0.48b	0.38d	155.80a	55.01a
Ca-8	3.36a	1.24b	4.13b	0.58a	0.39d	137.40ab	52.84a
Ca-8 · Na-8	3.39a	1.37ab	3.85b	0.51b	0.38d	131.00abc	55.47a

^z)See Table 1.

^y)Mean separation within columns by DMRT at 5%

Kentucky bluegrass 'Nassou' 에서 N은 Ca 8.0me/L에서 3.76%, Fe는 Ca 4.0me/L에서 152.93ppm, Zn은 Ca 1.0me/L에서 52.41ppm으로 가장 높지만 처리간에 유의차가 없었다. P는 무처리구에서 1.3%, K는 Ca 1.0me/L 3.3%로 가장 높았고 일부 처리간에 유의성이 있었다. Ca는 Ca 8.0me/L에서 0.39%로 Ca 농도가 높을수록 증가 하였으며, Mg는 오히려 Ca 농도가 높을수록 감소하는 경향을 보여 Ca와 Mg간의 길항작용인 때문인지는 정확한 실험이 요구된다(표 8).

Table 8. Effect of calcium on the mineral elements of kentucky bluegrass
'Nassou'

Treatment ^z (me/L)	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	Fe(ppm)	Zn(ppm)
Ca-0	3.42c ^y	1.30a	3.21ab	0.28d	0.41a	93.71a	51.90a
Ca-0.1	3.62ab	1.11b	3.26ab	0.28d	0.37b	111.00a	50.45a
Ca-1	3.63ab	1.04b	3.30a	0.28cd	0.35bc	112.38a	52.41a
Ca-2	3.58b	1.15ab	3.27ab	0.30cd	0.35bc	138.80a	49.86a
Ca-4	3.63ab	1.20ab	3.21ab	0.36ab	0.33cd	152.93a	44.96a
Ca-8	3.76a	1.15ab	3.14b	0.39a	0.32cd	115.60a	45.77a
Ca-8 · Na-8	3.73a	1.08b	3.01c	0.32bcd	0.30d	117.60a	215.10a

^z) See Table 1.

^y) Mean separation within columns by DMRT at 5%

Tall fescue 'Boonsai 2000' 에서 N, P, Mg는 Ca 농도가 높을수록 감소하는 추세로 보이고 Ca는 반대로 농도가 높을수록 증가하는 경향을 보였다. 특히 Fe는 무처리에 비해 처리구가 월등히 그 함량이 증가 하여 Ca 4.0me/L 처리구에서는 166.53ppm으로 가장 높은 편이었다(표 9).

Ca의 농도가 높을수록 Shoot내 Ca 함량도 높았는데, 염류의 흡수는 어느 한계까지는 일반적으로 농도가 높은 쪽이 흡수량이 많다고(조 등, 1972)하였으며 Ca 농도가 높을수록 Mg 함량이 낮은 것은 Ca와 Mg 이온 사이에 길항작용이 일어나기 때문(조 등, 1972; 심, 1976; Horst M., 1986)이다.

K는 무처리구보다 Creeping bentgrass와 Tall fescue에서는 Ca 8.0me/L, Perennial ryegrass와 Kentucky bluegrass에서는 Ca 0.1me/L에서 흡수량이 많았는데 Ca의 존재는 K의 흡수를 증가시키지만 고농도의 Ca의 존재는 반대로 K의 흡수를 저해한다는 보고(조 등, 1972)와 유사한 경향을 보였다.

한편 양액조성의 기법으로 Na 이온이 가감되는 것으로 대체하여 기존의

Table 9. Effect of calcium on the mineral elements of tall fescue 'Boonsai2000'

Treatment ^z (me/L)	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	Fe(ppm)	Zn(ppm)
Ca-0	3.67a ^y	1.32a	3.72d	0.31e	0.66a	95.35c	54.25a
Ca-0.1	3.63ab	1.30a	3.92b	0.36d	0.59b	117.71bc	53.46a
Ca-1	3.60abc	1.25a	3.89bc	0.36d	0.59b	127.21abc	55.99a
Ca-2	3.52bc	1.27a	4.05ab	0.40c	0.59b	149.80ab	54.85a
Ca-4	3.36d	1.29a	4.12a	0.45b	0.58b	166.53a	48.93a
Ca-8	3.46c	1.23a	3.91b	0.55a	0.59b	137.60abc	55.71a
Ca-8 · Na-8	3.64ab	1.18a	3.74cd	0.45b	0.57b	126.00abc	55.77a

^z) See Table 1.

^y) Mean separation within columns by DMRT at 5%

무기성분의 변화를 최소화하여야만 보다 정확한 영양적 연구를 도모할 수 있는바 본 연구 또한 그에 따랐는데 Ca 8.0me/L처리와 Ca 8.0 · Na 8.0me/L처리간의 결과로 볼 때 관측된 생육관계 전 항목의 계측치에 별다른 차이가 없었으므로 본시험의 유의성을 보증하는 결과임을 알 수 있다.

따라서 본 시험의 결과에서 고찰 할 때 무기염류의 변량에 대한 시험의 경우 사용되는 원소가 다른 원소와의 화합물상태로 존재하므로 ppm단위보다는 원소별로 me/L단위로 계산되어야만 특정원소에 대하여 보다 정확한 결과를 도출 할 수 있으므로 앞으로 본 시험과 같은 시도 자체가 연구계획 초기부터 수립되어야 할 것으로 사료되는 바이다. 또한 심지재배 화분을 이용하는 경우 적용되는 무기성분은 유실의 염려가 없이 매질이나 저수조에 수용되고 그에 따라 식물체가 반응하므로 간편하면서도 시험의 효율을 극대화 할 수 있는 수단임이 본 시험에 의하여 증명되었으므로 앞으로의 이용성이 크게 기대된다 하겠다.

V. 적 요

Creeping bentgrass 'Penn-A1', Perennial ryegrass 'Palmer II', Kentucky bluegrass 'Nassou', Tall fescue 'Boonsai2000'의 생육에 대한 칼슘의 영향을 온실에서 조사하였다.

Creeping bentgrass 'Penn-A1', Kentucky bluegrass 'Nassou'와 Tall fescue 'Boonsai2000'의 shoot 생육은 Ca 4.0me/L에서, Perennial ryegrass 'Palmer II'는 Ca 2.0me/L에서 가장 양호 하였다.

Creeping bentgrass 'Penn-A1', Perennial ryegrass 'Palmer II'와 Kentucky bluegrass 'Nassou'의 뿌리 생육은 Ca 1.0me/L, Tall fescue 'Boonsai2000'는 Ca 4.0me/L에서 가장 양호하였지만 처리간에 큰 차이는 없었다.

Creeping bentgrass 'Penn-A1'와 Kentucky bluegrass 'Nassou'의 분얼수는 Ca 4.0me/L, Perennial ryegrass 'Palmer II'는 Ca 1.0me/L에서 가장 많았으며, Tall fescue 'Boonsai2000'의 분얼수는 Ca 4.0me/L에서 가장 많았지만 처리간 유의성이 없었다.

식물체내 무기성분함량은 Ca 처리 농도가 높을수록 Ca함량이 많았고, 반대로 Mg함량은 감소하였으며, Fe는 Ca 4.0me/L까지는 함량이 증가하였고, N, P, K, Zn는 큰 영향이 없었다.

식물 영양실험에 있어서 심지화분의 이용성은 정확도와 간편성이 탁월하여 앞으로의 연구에 많이 적용 될 수 있음을 확인하였다.

VI. 인용문헌

Alley, M. M. 1981. Short-term soil chemical and crop yield responses to applications. *Agron. J.* 73:687-689.

안용태, 김성태, 김인섭, 김진원, 김호준, 심규열, 양승원, 이상재, 함선규.
1992. 개정 GOLF장 잔디관리의 기본과 실제. 한국잔디연구소.
pp.299-311.

Arshad, M. A., K. S. Gill, T. K. Turkington, and D. L. Woods 1997.
Canola root rot and yield response to liming and tillage.
Agron. J. 89:17-22.

Bailey, J. S. 1991. A Re-examination of phosphorus-lime interactions in perennial ryegrass. *Plant Soil* 135:185-196.

Bailey, J. S. 1992. Effects of gypsum on the uptake, assimilation and cycling of N-labeled ammonium and nitrate-N by perennial ryegrass. *Plant Soil* 143:19-31.

Beard, J. B. 1973. *Turfgrass : Science and culture*. Prentice-Hall, Inc.
pp.105-162.

조성진, 이동석, 육창수. 1972. 신제 비료학. 향문사. pp.118-122.

최병주, 심재성, 박훈. 1994. 잔디 생육에 대한 유기물, 활성탄소 및 마그네슘의 효과. 한국잔디학회지. 8:193-199.

- Detzenko, A. D. and K. E. Henderson. 1964. Performance of five orchardgrass varieties under different nitrogen treatments. *Agron. J.* 56:152-155.
- Edmeades, D. C., M. Judd, and S. U. Sarathchandra. 1981. The effect of lime on nitrogen mineralization as measured by grass growth. *Plant Soil* 60:177-186
- Edmeades, D. C., G. Rys, C. E. Smart and D. M. Wheeler, 1986. Effect of on soil nitrogen uptake by a ryegrass-white clover pasture. *N. Z. J. of Agric. Res.* 29:49-53.
- Fenn, L. B., B. Hasanein, and C. M. Burks 1995. Calcium-ammonium effects on growth and yield of small grains. *Agron. J.* 87:1014-1046.
- Fenn, L. B. and R.M. Taylor 1990. Calcium stimulation of ammonium absorption in radish. *Agron. J.* 82:81-84.
- Fenn, L. B. and R. M. Taylor, and C. M. Burks 1993. Influence of plantage on calcium stimulated ammonum absorption by radish and onion. *J. Plant Nutr.* 16:1161-1177.
- 함선규, 김성태, 김호준, 이상기. 1997. 골프코스 creeping bentgrass에 대한 IBDU복합비료와 유기질비료류의 효과. *한국잔디학회지.* 11:167-172.

함선규, 이정재, 김인섭. 1993. 유기질 비료의 시용이 한국잔디의 생육에 미치는 영향. 한국잔디학회지. 7:61-66.

황연성, 최준수. 1999. 깎아주기, 통기작업, 시비수준 및 비료종류가 한국잔디의 품질 및 생육에 미치는 영향. 한국잔디학회지. 12:79-90.

Hathcock, A. L., P. H. Dernoeden, T. R. Turner, and M. S. McIntosh
1984. Tall fescue and kentucky bluegrass response to fertilizer and lime seed coatings. Agron. J. 76:879-883.

Horst, M. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press.
pp.36-39.

日本芝草學會. 1988. 新訂 芝生と緑化. Soft Science, Inc. 13-115.

Juska. F. V., A. A. Hamson and C. J. Erickson. 1965. Effects of phosphorus and other treatments on the development of red fescue, merison and common kentucky bluegrass. Agron. J. 57:75-81.

김동암, 강창중. 1971. 잔디 우점초지에 있어서 Orchardgrass의 정착에 미치는 경합요인에 관한 연구. I. 질소, 인산, 석회 및 잔디 피복이 목초의 정착 및 잔존에 미치는 영향. 한국축산학회지. 13:341-510.

김경남, 로버트 쉬어만. 1997. 크리핑 벤트그라스 웨어웨이에서 관수회수 · 예지물과 질소시비수준이 엽조직 및 토양 질소함유량에 미치는 효과. 한국잔디학회지. 11:105-115.

- 김성태, 육완방, 이정재, 김인섭, 함선규. 1995. 한국잔디와 'Suffolk' Kentucky bluegrass에서 질소시비 수준이 토양중 NH_4^+ -N와 NO_3^- -N함량에 미치는 영향. 한국잔디학회지. 9:207-212.
- Ko, S. B. and C. C. Choung 1992. Effects of lime and phosphate application on forage productivity. Korean J. Anim. Sci. 34(4):237-243.
- Koch, D. W. and G. O. Estes 1986. Lime rate and method in relation to forage establishment-crop and soil chemical responses. Agron. J. 78:567-571.
- Lee, C. H., O. Y. Kim, and S. J. Park. 1989. Response of burley tobacco to application of lime materials. Korean J. Crop Sci. 34(2):198-203.
- 임미영, 정병룡. 2001. 양액의 N농도와 NH_4^+ : NO_3^- 의 비율이 초화류의 생육과 개화에 미치는 영향. 한국원예학회지. 42:609-613.
- Madison, J. H. and A. H. Anderson. 1963. A chlorophyll index to measure turfgrass response. Agron. J. 55:461-464.
- McKently, A. H. 1981. M. S. thesis, University of Florida, Gainesville.
- Mengel, K. and E, A. Kirkby. 1978. Principles of plant nutrition. international patash institute switzerland pp. 380-410.

- Miyasaka, S. C. and D. L. Grunes 1990. Root temperature and calcium level effects on winter wheat forage : I. Shoot and root growth. Agron. J. 82:236-242.
- Miyasaka, S. C. and D. L. Grunes 1990. Root temperature and calcium level effects on winter wheat forage : II. Nutrient composition and tetany potential. Agron. J. 82:242-249.
- Portz, H. L., J. J. Murray and D. Y. Yeam. 1981. Zoysiagrass establishment by seed. Pro. 4th ITS:113-122.
- Rangeley, A. and Bollton, R. 1986. Lime and major nutrient fertilizers required to establish a perennial ryegrass/white clover pasture on a noncalcareous gley in the scotish upland. Grass and Forage Sci. 41:323.
- 성락춘, 이호진. 1997. 작물 생리학. 고려대학교. pp.162-177.
- 심상철. 1976. 토양비료개론. 선진문화사. pp.202-206.
- 신영오, 강영희. 2001. 토양, 식물영양, 비료학. 집현사. pp.207-225.
- 손기철, 백기엽, 박응규, 김태중. 2000. 실내식물의 심지관수시 배지조성에 따른 식물의 생장과 위조 및 배지의 수분량과 재수화. 한국원예학회지. 41:429-434.

- 손세호, 김기준, 현구택, 이효승. 1972. 석회 및 가리 시용이 땅콩의 생육 및 결실에 미치는 영향. 한국작물학회지. 12:21-29.
- 송상택, 김동암, 이성철. 1988. 석회 시용이 Orchardgrass 및 Smooth bromegrass의 생육, 사초수량 및 일반 조성분함량에 미치는 영향. 한국축산학회지. 30:567-574.
- Startain, J. B. 1993. Interrelationships among turfgrass, clipping recycling, thatch, and applied calcium, magnesium, and potassium. Agron. J. 85:40-43.
- Sung, F. J. M., and W. S. Lo. 1990. Growth response of rice in ammonium-based nutrient solution with variable calcium supply. Plant Siol 125:239-244.
- Taylor, R. M., L. B. Fenn, and G. L. Horst. 1985. The influence of calcium on growth of selected vegetable species in the presence of ammonium nitrogen. J. Plant Nutr. 8:1013-1023.
- Willhite, F. M., H. K. Rouse and D. E. Mille. 1955. High altitude meadows in Colorado:1th effect of nitrogen fertilization on crude protein production. Agron. J. 47:117-121.
- Woodruff, J. R., F. W. Moore, and H. L. Musen 1987. Potassium, boron, nitrogen, and lime effects on corn yield and earleaf utrent concentrations. Agron. J. 79:520-524.

- 유달영, 염도익. 1967. *Zoysia japonica*의 월동중 종자 저장상태가 종자발아 및 초기 생육에 미치는 영향. *Seoul Univ. J.* (13)18:26-34.
- 유달영, 염도익, 김일중. 1974. 종피처리에 의한 한국잔디 종자의 발아촉진효과. *한국원예학회지.* 15:187-193.
- Yeam, D. Y., J. J. Murray, H. L. Portz and Y. K. Joo. 1985. Optimum seed coat scarification and light treatment for the germination of zoysiagrass seed. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 26:179-185.
- 윤진일, 이호진. 1981. 질소시비에 대한 Orchardgrass의 생육 및 수량반응과 질소 이용성. *한국작물학회지.* 26(3):257-262.
- 윤용범, 이주삼. 1990. 질소시비가 한국잔디의 생육과 Thatch축적에 미치는 영향. *한국잔디학회지.* 4:119-124.

감사의 글

짧은 기간이었지만 저의 삶에 많은 변화를 주었던 매우 값진 순간들이었습니다. 이 모든 경험들을 소중히 간직하겠습니다.

먼저 부족한 저를 아낌없는 지도와 조언으로 이끌어 주신 강 훈 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 바쁘신 와중에도 세심하게 논문을 지도해주신 박용봉 교수님, 소인섭 교수님께 감사드리며, 또한 평소 많은 가르침을 주신 백자훈 교수님, 한해룡 교수님, 장전익 교수님, 송관정 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

대학원 생활동안 힘들 때마다 응고와 격려로 도와주신 여러 선배님들과 후배님들에게 감사하며 특히, 실험에 많은 도움을 주신 고성욱님, 강석범님 그리고, 논문이 만들어지기까지 여러 가지로 조언을 해준 오승진님께 고마움의 뜻을 전합니다.

보다 많은 기회를 주신 핼크스(주) 가족들에게 감사의 마음을 전하며, 특히 강영삼 부장님을 비롯하여 김경수 대리님, 철민, 희철, 승철, 상우, 기동, 경준, 승우, 대경, 은배, 지혜에게 감사한 마음을 전합니다.

끝으로, 물심양면으로 도와주신 아내와 부모님 감사합니다.