

草地에 대한 磷酸質肥料의 殘留效果에 관한 研究

I. 混播草地에서 牧草의 收量 및 養分生産性에 대한

磷酸質肥料의 殘留效果

朴根濟 · 金正甲 · 金孟重 · 徐 成

Studies on Residual Effect of Phosphate Fertilization in Grassland

I. Residual effect of phosphate fertilization on dry matter yield and nutrient productivity of pasture plants in mixed sward

Geun Je Park, Jeong Gap Kim, Meing Jooung Kim and Sung Seo

Summary

To find out the residual effect of phosphate fertilization level on the dry matter yield and nutrient productivity of pasture plants, this experiment was arranged as a randomized complete block design with six treatments(0-0, 50-50, 100-65, 150-65, 200-65 and 250-65kg P₂O₅/ha), those were composed of three P₂O₅ fertilization level(0, 50 and 65kg P₂O₅/ha) after phosphate fertilization trial with six treatments(0, 50, 100, 150, 200 and 250kg P₂O₅/ha) from 1989 to 1992, and conducted at hilly land in Kwangu, Kyonggi Province from 1993 to 1994. The results obtained are summarized as follows :

As the available phosphate of soil increase, the early growth and cover degree of pasture plants wintered were more favorable.

With 150-65kg P₂O₅/ha application for two years, the average dry matter yield of grasses, 9,862kg/ha was similared to that of 200-65kg P₂O₅/ha.

The crude protein and energy productivity of pasture plants tended to increase as available phosphate of soil was increased, but those were not different between 150-65 and 250-65kg P₂O₅/ha.

Efficiency of P₂O₅ was highest at P₂O₅ 150-65kg/ha fertilization, which produced dry matter 111.8kg, net energy lactation(NEL) 671.2MJ per 1kg P₂O₅. Therefore, phosphate fertilization is recommended strongly application with 150kg/ha for three years after pasture establishment, and then 65kg/ha for two years a reasonable management in hilly grassland.

I. 緒 論

일정량의 인산을 매년 施用할 때에는 토양에 유효

인산이 축적되므로(Vasiliauskiene과 Kadziulis, 1992)
많은 량의 인산을 장기간 施用하는 것은 바람직하지
않은 것으로 여겨진다. 일반적으로 草地에서 바람직

한 유효인산 함량은 Mott 등(1984)은 草地土壤 100g 당 21~30mg라고 하였으며, Noesberger와 Opitz(1986)은 30mg일 때 磷酸質肥料을 施用하지 않아도 된다고 하였다. 그러나 Ernst(1990)는 有效磷酸 含量이 21~30mg인 草地에는 年間 60kg의 人山질비료를 施用하는 것이 바람직하다고 보고한 바 있다.

草地에 施用하는 磷酸의 이용율은 평균 10~20%로서 현저히 낮으나(柳, 1987), 그 일부는 토양중에서 有效磷酸으로 저장되기 때문에 有效磷酸 含量은 매년 조금씩 증가하게 된다(Vasiliauskienė와 Kadziulis, 1992). 한편 Park(1985)은 식물군락에 따라 다소 차이는 있으나 磷酸과 加里施用에 의하여 개량된 초지의 植生構成은 보통 3~5년간 그 잔효가 진행된다고 하였으며, 면양 방목이 계속될 때 3~5년간 현존식생의 생활형, 생태적 반응, 草地價 및 식생구성에 좋은 영향을 미쳤다고 보고하였다. 또 Gradl과 Neuner(1993)는 人山과 칼리시비에 의해 화이트클로버의 비율이 증가한다고 하였으며, Nitsche(1994)는 두과목초가 1% 증가함에 따라 연간 ha당 3~4kg의 질소를 고정하는 효과가 있다고 보고한 바 있다. 그러므로 草地의 利用年限이 점차 경과하면 人山질비료의 施用量을 줄여 土壤中 有效磷酸 含量이 적정수준에 달하면 人山시용은 年間 牧草刈取 또는 放牧에 의한 奪取量만 施用하는 것이 바람직할 것으로 사료된다(Ernst, 1990; Nitsche, 1994).

따라서 본 시험은 有效磷酸 含量이 낮은 山地 新開 懇地에서 草地에 대한 人山질비료의 施用水準試驗後 殘留效果를 究明코자 1992년 11월부터 1994년 10월 까지 경기도 광주 京畿道種畜場 野山地에서 遂行되었다.

II. 材料 및 方法

1. 試驗圃場概況

試驗圃場은 경기도 광주에 위치한 京畿道種畜場內의 新開懇地로서 土深은 깊고 排水良好한 西北向으로 25~30%의 傾斜를 이루고 있는 곳이다. Soil series는 烏山統이며 土性은 暗褐色 壤土로서 토양의 化學成分은 표 1과 같이 有機物은 4.43%로서 높은 편이나 pH는 4.32로서 强酸性이었고 有效磷酸 含量은 20.27 ppm으로서 아주 낮았다. 그외 置換性 양이

은 含量도 낮아 토양조건은 비교적 불량하였다. 이 지역에 試驗着手 前의 先占植生은 소나무, 떡갈나무, 자작나무, 진달래, 싸리, 억새, 개억새, 새, 잔디, 미역취, 참취 등이 自生하던 곳이었다. 본 시험포에서 人山질비료의 施用수준시험을 3년간 실시하였으며 이 시험후 토양의 化學成分은 표 1에서 보는 바와 같이 유효인산 含量이 현저히 증가하였는데 특히 토양 2.5cm 이내에 많이 집적되었다.

2. 試驗設計

시험에 供試된 混播草地의 草種(品種)은 orchardgrass(Potomac; 18), tall fescue(Fawn; 9), Kentucky bluegrass(Kenblue; 3) 및 white clover(Ladino Regal; 3kg/ha)였다. 처리내용은 표 2와 같이 1990~'92는 人山질 비료의 시비수준을 0, 50, 100, 150, 200 및 250kg/ha로 하였으며 1993~'94는 人山질비료의 잔류효과를 구명코자 0, 50, 65kg/ha와 같이 50kg/ha 이상은 건물생산에 의한 人山탈취량만 施用하였다. 草地造成 및 管理肥料은 질소, 人山 및 칼리비료를 尿素, 熔過磷 및 鹽化加里로 施用하였고, 石灰 [Ca(OH)₂]는 초지조성시와 본 시험 착수전에 ha당 각각 3,000kg, 硼素는 硼砂로 30kg/ha를 초지조성시에 施用하였다. 試驗區의 크기는 12m²(3 × 4m)이며, 亂塊法 3反復으로 配置하였다. 시험포관리는 표준 초지관리방법에 그리고 試驗遂行 방법은 農振廳 調查基準에 준하였다.

3. 試驗遂行方法

分析用 試料는 65℃의 乾燥機에서 약 48시간 말린후 分쇄하여 일정한 시간이 경과된 후 分析하였다. 一般組成分 및 無機物分析은 農振廳 분석방법에 따라 수행되었으며, 正味에너지(net energy lactation; NEL)는 Van Es(1978), 可消化養分總量(total digestible nutrients; TDN)은 Menke와 Huss(1980)의 방법을 이용하여 계산하였고, 에너지계산을 위한 消化率은 DLG (1968, 1991)의 飼料成分表를 利用하였다.

III. 結果 및 考察

1. 牧草의 初期生育

각 處理別 牧草의 초기생육은 표 3과 같이 磷

Table 1. Soil chemical analysis before and after the experiment depending on the different phosphate fertilization (1990~'92).

P ₂ O ₅ -fertilization (kg/ha)	Soil depth (cm)	pH (1:5H ₂ O)	OM (%)	Av. P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. cations (me/100g)		
					Ca	Mg	K
0	0.0- 2.5	7.13	6.48	9.48	17.62	0.74	2.51
	2.5- 5.0	5.90	4.49	5.42	5.43	0.30	1.71
	5.0-10.0	5.42	3.72	4.61	2.03	0.18	0.95
50	0.0- 2.5	7.42	7.75	35.76	17.75	1.11	1.80
	2.5- 5.0	6.26	4.39	7.31	7.92	0.54	1.73
	5.0-10.0	5.68	2.11	4.88	2.78	0.27	0.93
100	0.0- 2.5	7.01	7.43	45.78	16.73	1.38	1.54
	2.5- 5.0	6.22	5.13	11.11	8.96	0.59	1.04
	5.0-10.0	5.47	3.25	6.77	2.86	0.28	0.55
150	0.0- 2.5	6.22	6.90	136.81	13.69	1.75	1.05
	2.5- 5.0	5.73	4.60	23.84	5.51	0.59	0.74
	5.0-10.0	5.50	2.69	9.48	2.98	0.33	0.43
200	0.0- 2.5	6.49	7.59	187.20	13.05	1.66	1.05
	2.5- 5.0	5.72	4.33	28.17	5.53	0.65	0.73
	5.0-10.0	5.44	2.58	7.59	2.44	0.33	0.41
250	0.0- 2.5	6.76	6.11	260.88	17.17	2.03	0.79
	2.5- 5.0	5.83	4.55	33.32	6.40	0.73	0.46
	5.0-10.0	5.40	3.25	27.36	3.47	0.42	0.34
Before the experiment	0.0-10.0	4.32	4.43	20.27	0.96	0.22	0.37

Table 2. Phosphate fertilization schedule of the treatment

Treatment No.	1	2	3	4	5	6
P ₂ O ₅ -fertilization (kg/ha)						
1990~1992	0	50	100	150	200	250
1993~1994	0	50	65	65	65	65

酸 施肥水準別 목초의 耐冬性은 2.2~5.0로서 인산질 비료의 施用效果가 있었다. 또한 耐冬성과 관련이 있는 목초의 凍死率은 4.4~11.3%로서 비교적 낮았으나 草地管理時에 인산질비료를 사용하지 않은 處理區는 11.3%로서 가장 높았으며 인산질비료의 施肥水準이 높아 토양중 유효인산 함량이 많아질수록 凍死率이 현저히 낮아졌다. 그러나 인산질비료의 시비수준 시험에서 施肥量 150~250kg/ha 간에서는 耐冬性 및 凍死率이 비슷한 경향을 보였다. 이와같이 유효인산 함량이 많아질수록 耐冬性이 양호하여 凍死率이 낮아

진 것은 Wang 등(1953) 및 柳(1987)의 結果와 一致하였다. 또한 牧草의 生長勢는 2.5~5.4로서 토양중 유효인산 함량이 많아질수록 좋아졌고, 牧草의 被覆率은 55.0~84.1%로서 인산시용구가 높았는데 이러한 결과는 鄭(1985) 및 Noesberger와 Opitz(1986)와 같은 경향이었다.

이와같이 인산시용 수준시험에서 인산질비료의 시용량이 많아질수록 토양에 집적된 유효인산 함량이 많아 그 잔류효과로 인하여 목초의 생육이 양호하였다.

Table 3. Visual observation data of the treatment

P ₂ O ₅ -fertilization (kg/ha)	Winter hardiness (1-9)*	Cold damage (%)	Growth vigour (1-9)*	Coverage (%)
0 - 0	5.0	11.3	5.4	55.0
50 - 50	3.0	4.8	3.1	84.1
100 - 65	2.2	4.9	2.8	78.8
150 - 65	2.5	4.5	2.7	77.2
200 - 65	2.5	4.7	2.6	76.8
250 - 65	2.7	4.4	2.5	77.5

* 1: best, 5: moderate, 9: worst.

2. 乾物收量

牧草의 乾物收量은 표 4에서 보는 바와 같다. 磷酸質肥料의 施肥水準別 乾物收量을 보면 특히 인산질비료를 施用하지 않은 곳의 평균 乾物收量은 2,595kg/ha로서 山地草地에서 窒素와 加里肥料를 전량 施用하여도 磷酸質肥料를 施用하지 않으면 牧草의 植生이 급격히 衰退하여 초지가 부실화 된다는 것을 알 수 있다(朴 등, 1993). 累年 平均 건물수량은 토양중 유효인산 함량이 증가함에 따라 현저히 많아지는 경향을 보이고 있어 山地草地에 대한 인산질비료의 施用效果가 현저하였다($P < 0.01$). 그러나 본 시험 전 ha당 施用量 150~250kg 간에는 2년평균 乾物收量 9,862~10,168kg로서 유의차가 없었다. 이와같이 인산질비료의 시비수준이 증가할수록 건물수량이 증가한 것은 산지초지 조성시 토양중에 부족한 인산을 사용하므로 시비균형이 맞아 牧草의 생육이 현저히 좋아

진 것과 또 有效磷酸의 증가에 따라 클로버의 생육이 왕성하여진데 기인된 것으로 사료된다(柳, 1987; DLG, 1987; Beer 등, 1990; Huche 등, 1990).

특히 인산질비료를 施用하지 않은 곳은 토양중 有效磷酸이 적어 牧草의 生育이 부진하여 收量이 현저히 적었으며, 반면에 磷酸質肥料를 施用한 처리구중 본 시험전 인산질비료의 施肥水準이 높아질수록 목초의 收量이 급격히 증가하는 경향을 보였는데 이것은 시비수준에 따라 草地土壤에 有效磷酸 含量이 증가되어 磷酸質肥料의 잔류효과가 나타나는 것으로 여겨진다. 따라서 이상의 결과를 고찰하여 볼 때 연간 인산질비료 150kg/ha씩 3년간 사용하면 토양중 유효인산 함량이 증가하여 그 후 2년간은 인산의 잔류효과가 지속되므로 연간 목초생산에 의해 토양으로부터 탈취되는 인산량 65kg/ha만 사용하여도 좋을 것으로 사료된다.

Table 4. Dry matter yield as affected by the phosphate fertilization

P ₂ O ₅ -fertilization (kg/ha)	DM yield in kg/ha		
	1993	1994	Average
0 - 0	2,941	2,249	2,595
50 - 50	7,318	5,925	6,622
100 - 65	8,412	8,360	8,386
150 - 65	9,880	9,844	9,862
200 - 65	9,848	9,928	9,888
250 - 65	10,196	10,139	10,168
LSD 0.05	629	1,020	766
0.01	895	1,451	1,089

3. 粗蛋白質 및 에너지 生産量

각 處理別 粗蛋白質 및 에너지 生産량은 표 5와 같이 粗蛋白質 生産량은 토양중 유효인산 함량이 많아질수록 현저히 증가되었는데 磷酸質肥料 施用水準

試驗에서 150kg/ha 施用時에 1,864kg로서 가장 많았다. 이와 같이 施肥量이 많아 질수록 粗蛋白質 生産량이 증가한 것은 磷酸質肥料에 의해 荳科牧草의 構成比率이 높아졌기 때문인 것으로 사료된다(Brandt와 Jende, 1959; Beer 등, 1990).

Table 5. Crude protein(CP) and energy(NEL and TDN) yields as affected by the different phosphate fertilization treatment

P ₂ O ₅ -fertilization (kg/ha)	CP (kg/ha)	NEL (MJ/ha)	TDN (kg/ha)
0 - 0	489	15,739	1,747
50 - 50	1,183	38,100	4,306
100 - 65	1,548	48,560	5,482
150 - 65	1,864	59,364	6,654
200 - 65	1,800	57,015	6,465
250 - 65	1,871	58,895	6,682
LSD 0.05	213	5,329	513
0.01	295	7,367	710

* 1 MJ = 238.9 kcal, TDN 1kg = 4,395.8 kcal DE.

한편 苧소의 牛乳 生産을 위한 正味에너지(NEL) 收量은 磷酸質肥料를 施用하지 않은 처리구의 15,739MJ에 비하여 施放水準에 따라 현저히 증가하였는데 본시험전 磷酸質肥料 150kg/ha 施用한 곳은

59,364MJ/ha을 生産하였으며 이보다 施肥量을 증가하여도 生産량은 서로 비슷한 水準이었다. 可消化養分總量(TDN)도 粗蛋白質이나 正味에너지 生産량과 같은 경향으로 磷酸質肥料 150kg/ha 施用區가 6,654

kg/ha로서 많았으며 이보다 施肥水準이 증가하여도 에너지 생산량은 큰 변화없이 이와 비슷하거나 다소 감소하는 경향을 보였다(Zuem, 1968; Finck, 1989;朴 등, 1993).

4. 磷酸質肥料의 殘留效果

磷酸質肥料의 殘留效果는 표 6에서 보는 바와 같이 ha당 磷酸質肥料의 施用量에 대한 乾物收量과 養分生産量으로 비교 분석하였는데 磷酸利用效率는 본 시험전 磷酸質肥料의 施用水準이 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다.

磷酸 1kg당 乾物生産量은 일반적으로 10~13kg/ha 이나(朴 등, 1996, Beer 등, 1990), 본 시험에서는

80.5~116.5kg/ha로서 8~9배 많았는데 이것은 본 시험전 磷酸質肥料의 施用水準試驗에 의해 토양중 有效磷酸含量이 많이 集積되었기 때문이며, 집적된 유효인산의 殘留效果를 알아보고자 본 시험기간에 施用한 磷酸質肥料量만 고려하였기 때문인 것으로 보인다. 따라서 磷酸 1kg당 乾物收量을 비교하여 볼 때 有效磷酸含量이 적은 山地草地에 磷酸質肥料를 연간 150~250kg/ha 施用區間的 磷酸殘留效果는 뚜렷한 경향을 보이지 않았으므로 150kg/ha씩 3년간 施用하여 그후 최소 2년간은 목초생산에 의해 토양에서 奪取되는 磷酸量 65kg/ha만 연간 施用하여도 좋을 것으로 사료된다.

Table 6. Dry matter(DM), crude protein(CP) and energy(NEL, TDN) yields as affected by one kilogram phosphate fertilizer

P ₂ O ₅ -fertilization (kg/ha)	DM (kg/kg P ₂ O ₅ /ha)	CP (kg/kg P ₂ O ₅ /ha)	NEL (MJ/kg P ₂ O ₅ /ha)	TDN (kg/kg P ₂ O ₅ /ha)
0 - 0	-	-	-	-
50 - 50	80.5	13.9	447.2	51.2
100 - 65	89.1	16.3	504.9	57.5
150 - 65	111.8	21.2	671.2	75.5
200 - 65	112.2	20.2	635.0	72.6
250 - 65	116.5	21.3	663.9	75.9

한편 粗蛋白質 生産量도 乾物生産量과 같은 경향으로 본 시험전 磷酸質肥料 150kg/ha 이하 施用수준 간에는 현저한 차이가 있었으나 150~250kg/ha 施用水準間에는 서로 비슷한 경향을 보였다. 乾草生産을 위한 正味에너지와 可消化養分總量도 이와같은 경향을 보였는데 磷酸質肥料를 연간 150kg/ha를 3년간 施用한 후 牧草의 生産에 의해 土壤으로부터 奪取되는 량 65kg/ha 施用한 區의 利用效率이 다소 높고 또 인산 질비료를 25% 절감할 수 있어 이 처리가 가장 바람직한 것으로 나타났다.

따라서 목초의 건물수량 및 養分生産량에서 磷酸質肥料의 殘留效果는 인정되었으며 磷酸質肥料 150kg/ha를 3년간 施用한 후 2년간은 牧草生産에 의한 奪取量 65kg/ha만 施用하여도 좋을 것으로 사료된

다.

IV. 摘 要

山地 混播草地에서 磷酸質肥料의 殘留效果를 구명코자 施肥水準을 달리한 6處理(0, 50, 100, 150, 200 및 250kg P₂O₅/ha)를 亂塊法 3反復으로 圃場配置하여 1989년 부터 1992년 까지 京畿道 種畜場內 野山地에서 施用量시험을 실시한 후 계속해서 1993년부터 1994년까지 인산질비료 3수준(0, 50 및 65kg P₂O₅/ha)을 前試驗과 연계한 6처리(0-0, 50-50, 100-65, 150-65, 200-65 및 250-65kg P₂O₅/ha)를 구성하여 本試驗을 遂行하였던 바 그 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 越冬後 牧草의 初期生育상태는 磷酸質肥料의

施肥水準이 높아질수록 양호하였고 牧草의 被覆率도 높았다.

2. 2년평균 牧草의 乾物收量은 磷酸質肥料 150-65kg/ha 施用區가 9,862kg/ha로서 200-65kg/ha와 비슷하였으며, 목초의 조단백질 및 에너지 생산성은 토양의 유효인산 함량에 따라 증가하는 경향을 보였다.

3. 인산질비료 150-65kg/ha 시용구의 인산 1kg시용 효과는 ha당 목초의 건물수량 및 젓생산을 위한 정미 에너지생산은 각각 111.8kg 및 671.2MJ/ha로서 현저히 많았는데 이것은 인산질비료의 잔류효과에 기인된 것으로 사료된다.

4. 山地草地에서 磷酸質肥料는 ha당 연간 150kg을 3년간 施用한 후 2년간은 연간 65kg만 施用하는 것이 적당하였다.

V. 引用文獻

1. Beer, K., H. Koriath und W. Podlesak. 1990. Organische und mineralische Duengung. Deutscher Landwirtschaftsverlag, 338-347.
2. Brandt, J. und R. Jende. 1959. Der Einfluß langjaehriger Phosphatduengung auf Ertrag, Pflanzenbestand und Futterwert von Dauerweiden. Die Phosphosaeure 19:76.
3. DLG. 1968, 1991. DLG-Fetterwertabelle fuer Wiederkaeuer. DLG-verlag, Frankfurt am Main.
4. DLG. 1987. Phosphatduengung im Ackerbau - heute. DLG-Merkblatt, Nr. 251.
5. Ernst, P. 1990. Gruenland richtig nutzen. AID-Heft, Nr. 1088.
6. Finck, A. 1989. Duenger und Duengung. VCH Verlagsgesellschaft, 390-391.
7. Gradl, G. und K.H. Neuner. 1993. Dreischnittwiesen vorsichtig mit Stickstoff duengen. BLW 183(23):23-25.
8. Huche, L., R. Bonischot and J. Salette. 1990. The Phosphorus nutrition status of a permanent pasture: effect of P fertilization. Proc. 13th Gen. Meet. EFG, Vol.I:233-237.
9. Menke, K.H. und W. Huss. 1980. Tierernahrung und Futtermittelkunde. UTB Ulmer, Stuttgart, 38-41.
10. Mott, N., J.B. Rieder, V. Buhlmann, P. Ernst und F. Roebers. 1984. Wirtschaftliche Gruenlandpraxis. Landwirtschaftliche Schriftreihe, Heft 21:27-40.
11. Nitsche, S. und L. Nitsche. 1994. Extensive Gruenlandnutzung, Neumann Verlag GmbH, 98-104.
12. Noesberger, J. und W. Opitz. 1986. Grundfutterproduction. Paul Parey, 86-88.
13. Park, G.J. 1985. Oekologische und pflanzensoziologische Untersuchungen von Almweiden der bayerischen Alpen unter besonderer Beruecksichtigung der Moeglichkeiten ihrer Verbesserung. Diss. TU Muenchen-Weihenstephan:144-158.
14. Van Es, A.J.H. 1978. Livestock Production Science. 5:334.
15. Vasiliauskiene, V. and L. Kadziulis. 1990. Optimizing Nutrient Input for Long-Term Sward Persistence and Soil Nutrient Status on Sown Pasture. Proc. 14th Gen. Meet. EFG:191-194.
16. Wang, L.C., O.J. Attoe and E. Truog. 1953. Effect of lime and fertility levels on the chemical composition and winter survival of alfalfa. Agron. J. 45:381-384.
17. Zuern, W. 1968. Neuzeitliche Duengung des Gruenlandes. DLG-Verlag-GmbH, Frankfurt, 126-127.
18. 朴根濟, 李弼相, 崔基準. 1993. 草地에 대한 磷酸質肥料의 施用에 관한 研究. I. 草地造成 및 管理時에 磷酸質肥料의 施用이 牧草의 收量 및 에너지蓄積에 미치는 影響. 韓草誌 13(2): 99-104.
19. 朴根濟, 金英鑣, 崔基準, 李弼相. 1996. Alfalfa-Grass 混播草地에 대한 3要素 施肥 研究. II. 磷酸質肥料의 施用水準이 alfalfa-grass 混播草地의 乾物 및 養分 收量에 미치는 影響. 韓草誌 16(1):47-52.
20. 柳寅秀. 1987. 多收穫 栽培를 위한 밭 土壤 管理와 施肥. 加里研究會, 125-129.
21. 鄭連圭. 1985. 土壤 및 生態面에서의 草地維持 및 效率的 更新. 韓-獨세미나資料: 45-52.