

# 強酸性 火山灰土壤에 있어서 草原의 遷移에 미치는 磷酸의 役割 II. 野草群落에 있어서 Litter의 集積과 分解

鄭 燦 · 菅原和夫\*

## The Role of Phosphorus on Plant Succession of Grassland in Andosol Region

### II. Accumulation and decomposition of litter in natural grassland community

Chan Chung and Kazuo Sugawara

#### Summary

This study was investigated about decomposition process of litter that is reduction pathway of phosphorus from plant body to soil

That is, in each community of *Miscanthus sinensis*, *SaSa palmalta*, *Artemisia princeps* and *Polygonum thunbergii*, disappearing speed was calculated from total fallen leaves yield supplied as litter and litter existant yield.

Besides, setting up litter bag that put litter in nylon mesh bag, calculated disappearing speed from decreasing speed of the weight of contents and then was compared and examined.

The results obtained are summarized as follows :

1. Maximum litter yield was sequently *Miscanthus sinensis* > *SaSa palmalta* > *Artemisia princeps* > *Polygonum thunbergii*, but, supplied litter yield was sequently *Artemisia princeps* > *Miscanthus sinensis* > *Polygonum thunbergii* > *SaSa palmalta*.
2. Reduction speed of phosphorus from plant body to soil was *Polygonum thunbergii* > *Artemisia princeps* > *Miscanthus sinensis* > *SaSa palmalta*.
3. Caculated disappearing speed using litter bag method was shown latter tendency than that of natural condition.
4. It was significantly negative relationship between N contents of litter and disappearing speed of litter.

#### I. 緒 論

前報(鄭 等, 1992)에서 다년생 식물은 월동시에 磷(以下, P)을 지하경에 높은 비율로 저장하지만, 일년생 식물은 적은 양의 p를 종자중에 저장한다는 것을 보고하였다. 즉, 일년생 식물은 식물체중의 많은 P를 litter로써 토양에 환원시킨다. 또한 다년생 식물인 *Miscanthus sinensis*와 *SaSa palmalta*의 경

우, 지하부 P의 現存량과 litter P은 거의 비슷하였고 일년생 식물인 *Polygonum thunbergii*는 litter보다 生體 중에 많은 P를 함유하는 것으로 나타났다.

일반적으로 litter로 부터 P의 용탈은 적고, P은 litter의 분해에 의해서 서서히 방출되어지기 때문에 초종에 따라 litter의 분해속도도 다르고 토양으로의 P의 환원속도에도 커다란 차이가 있을 것으로 생각 된다.

건국대학교 自然科學大學(Kon-Kuk University, College of Natural Sci., Chungju 380-150, Korea)

\* 日本東北大學農學部(Faculty of Agriculture, Tohoku University, Japan).

자연에 현존하는 초지군락에 있어서 mineral의動態를 파악할 목적으로 litter의動態를 해석한 예는 Ohara 등(1971)의 보고가 있지만, litter의 공급속도와 토양에의 환원속도는 초종에 따라서 커다란 차이가 있어 조사방법에도 좀 더 세밀한 검토가 필요하다고 생각된다. 특히, litter의 공급속도를 구하기 위해서는 군락의 수직구조를 빈번하게 조사하던가(Nidorikawa, 1959), 빈번한 litter회수(依田, 1974)를 행할 필요가 있고, litter 공급속도와 분해속도가 빠른 식물에 있어서는 이러한 필요성이 특히 중요하다고 생각된다.

따라서 本報에서는 식물체로부터 토양에 P의 환원양식의 초종간 차이를 파악하기 위해서 우선 빈번한 litter회수에 의해 litter의 공급속도를 구하였다. 또한, litter 現存量의 balance로부터 추정하는 방법(litter 회수법)과 litter-bag법(桐田, 1979)의 2가지 방법을 이용하여 양자를 비교검토하였다.

## II. 材料 및 方法

調査地 및 調査草種은 前報(鄭 等, 1992)와 동일하다. litter 공급량의 측정과 litter 소실속도의 추정은 *Miscanthus sinensis*(以下, *Miscanthus*), *SaSa palmata*(以下, *SaSa*), *Artemisia princeps*(以下, *Artemisia*) 및 *Polygonum thunbergii*(以下, *Polygonum*)의 각 純群落에 있어 지상부가 아직 생장을 개시하지 않은 4월 상순에 1 × 1m의 고정 quadrat를 3점씩 설치하여 quadrat내의 오래된 litter를 제거한 후에 낙하한 litter를 정기적으로 회수하였다.

*Miscanthus*와 *SaSa*는 2개월 간격으로 *Artemisia*와 *Polygonum*은 1주일 간격으로 회수하였다. 회수된 litter를 70℃에서 48시간 건조한 후, 건물중량을 측정하여 年間の litter 공급량을 구하였다.

litter-bag법에 의한 litter의 소실속도 측정은 다음과 같이 행하였다.

11월에 군락내에 낙하한 litter를 수집하여 70℃에서 48시간 건조 후, 葉部와 莖部로 분리하여 약 10g(乾物)을 5 × 8mm의 nylon mesh bag(10×15cm)에 넣어 litter bag을 만들었다. 또한 *Polygonum*의 葉部는 거의 litter로써 회수가 불가능하였기 때문에 莖部만 사용하였다. *Miscanthus*, *SaSa*는 1989년 6월에 litter bag 36개를 *Artemisia*, *Polygonum*은 1989년 12월에 각각 33개를 각 군락내의 litter層內에 설치하여, *Miscanthus*와 *SaSa*는 1989년 7월 부터 *Artemisia*와 *Polygonum*은 다음해 3월 부터 1개월마다 각구 3점씩 회수하여 건물중량을 측정하였다.

litter의 소실속도는 다음의 지수식으로 부터 구하였다.

$$x_t = x_0 \cdot e^{\mu t} \dots\dots\dots 1)$$

$x_t$ 는 어느 시간(t)의 litter 存在量,  $x_0$ 는 litter의 년간 공급량, e는 自然對數의 底,  $\mu$ 는 소실계수

1)식을 변형하여 대수를 취하면

$$\mu t = \ln(x_t/x_0) \dots\dots\dots 2)$$

litter가 95% 분해할 때의 t는 1)식을 변형하여 다음 식으로 구하였다.

$$t_{95} = (\ln 5 - \ln 100)/\mu \dots\dots\dots 3)$$

$$\approx 3/\mu \dots\dots\dots 3')$$

또한 litter의 분해속도에 커다란 영향을 미친다고 생각되는 질소함유율을 Kjeldahl법(A.O.A.C., 1984)에 의해서 구하였다.

## III. 結 果

### 1. 野草地 植群에 있어서 litter의 공급과 소실속도

표 1에 litter 공급량의 계절적 변화를 나타냈다. *Miscanthus*는 9월까지 litter의 공급이 거의 없고, 지상부가 고사하는 시점인 11월에 대량으로 공급되었다. 년간의 공급량은 m<sup>2</sup>당 1,049g이었다.

Table 1. Seasonal change of litter fall (g/m<sup>2</sup>).

Community	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total
<i>Miscanthus</i>						5.3	1,043.9	1,049.2
<i>Sasa</i>		43.0		30.8		40.9	394.3	509.0
<i>Artemisia</i>	64.2	75.9	138.3	157.5	82.6	70.1	572.5	1,161.1
<i>Polygonum</i>	12.3	27.1	87.8	193.7	153.3	106.2	372.4	952.7

SaSa는 6월, 8월, 10월에 각각 약 30~40g의 공급이 있었고 생육 season을 통하여 약간의 낙엽이 있었지만, 11월에 최대 394g의 공급을 나타냈다. 年間으로는 509g이 공급되어 4개의 植群中에서 가장 낮은치를 나타냈다.

Artemisia는 봄철에 생육이 시작됨에 따라서 비음되어진 下葉으로 부터 고사체가 발생하여 8월에 첫번째 공급량의 peak를 나타냈다. 그 후 9, 10월은 litter의 공급량은 감소하였고 11월에는 莖의 枯死에

의해서 최대 572g의 공급을 보였다. 年間으로는 Miscanthus의 공급량을 上廻하는 1,161g을 나타냈다. Polygonum도 Artemisia와 거의 같은 공급 pattern을 나타냈지만 Artemisia보다 공급량은 약간 적은 952g이었다.

표 2에 각 군락에 있어서 최대 litter 현존량(M), 年間 litter공급량(L) 그리고 litter회수법에 의해 M과 L로 부터 구해낸 소실계수( $\mu$ )와 95% 소실년수(T)를 나타냈다.

Table 2. Maximum litter(M), litter fall(L), decomposition coefficient( $\mu$ ) and 95% disappearance time (t 95) of litter in community.

Community	M (g/m <sup>2</sup> )	L (g/m <sup>2</sup> /yr.)	$\mu$ (1/yr.)	t 95 (years)
Miscanthus	2,338.4	1,049.2	0.45	6.69
Sasa	1,492.7	509.0	0.34	8.80
Artemisia	1,045.2	1,161.1	1.11	2.70
Polygonum	511.7	952.7	1.86	1.61

Miscanthus의 최대 litter현존량은 2,338g으로 4초종중에서 가장 많은 量을 보였지만 年間 litter의 공급량은 1,049g으로 Artemisia보다 적어, 그 결과 소실계수는 0.45, 95% 소실계수는 6.70년을 나타냈다.

SaSa도 최대 litter 현존량은 1,492g으로 비교적

많았지만 年間 litter 공급량은 509g으로 4초종중 가장 적어, 그 결과 소실계수는 0.34, 95% 소실년수는 8.80년으로 가장 늦은 소실속도를 나타냈다.

Artemisia의 최대 litter 현존량은 1,045g이었지만 年間 litter 공급량은 1,161g으로 최대 litter 현존량

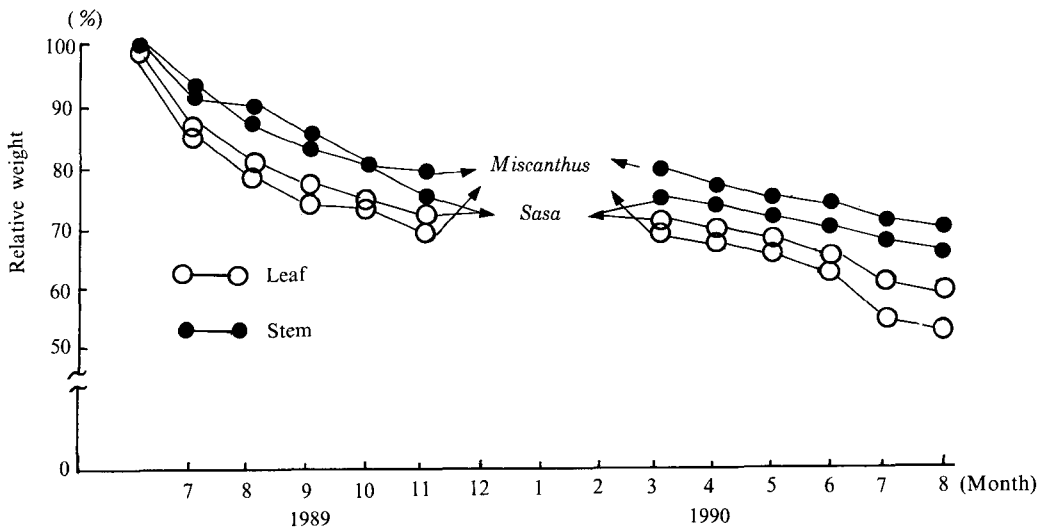


Fig. 1. Time courses of weight decrease of litter samples of *M. sinensis* and *S. palmata* with litter bag method.

보다 많아, 그 결과 소실계수는 1.11, 95% 소실년수는 2.70년으로 비교적 빠른 소실속도를 나타냈다.

*Polygonum*의 최대 litter공급량은 952g으로 많아, 그 결과 소실계수는 1.86, 95% 소실년수는 1.60년으로 4초종중에서 가장 빠른 소실속도를 나타냈다.

## 2. litter bag 법에 의한 litter 소실속도의 推定

*Miscanthus*, *SaSa*, *Artemisia* 및 *Polygonum*의 litter bag 건물중의 잔존율의 변화를 그림 1, 2에 나타냈

다. *Miscanthus*, *SaSa*는 설치시점의 1989년 6월 중순부터 1990년 8월까지 14개월을 경과한 시점에서 양초종 모두 莠는 거의 70% 정도, 葉은 60% 정도의 잔존율을 보였다. 한편 *Artemisia*, *Polygonum*은 1989년 12월 상순 설치시점으로 부터 1990년 10월까지의 11개월 동안에 *Artemisia* 葉과 *Polygonum*의 잔존율은 50% 이하 치를 나타냈다. *Artemisia* 莠은 *Miscanthus*, *SaSa* 葉과 거의 같은 60%의 잔존율을 보였다.

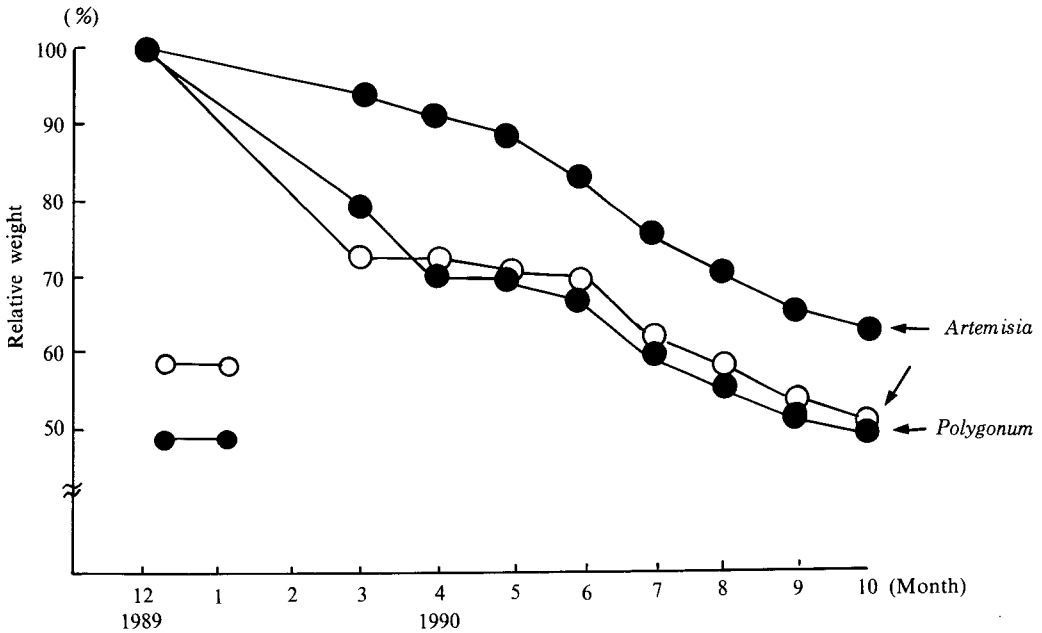


Fig. 2. Time courses of weight decrease of litter samples of *A. Princeps* and *P. thunbergii* with litter bag method.

따라서 *Artemisia*와 *Polygonum*의 litter소실속도는 *Miscanthus*, *SaSa*보다도 빠르고 또한 어떠한 초종도 葉이 莠보다 소실속도가 빠르다는 것이 litter bag 법에 의해 확인 되었다.

표 3은 litter회수법과 litter bag법에 의해 구한 litter의 95% 소실속도를 비교한 것이다. litter회수법에 의한 소실년수는 *SaSa*가 가장 길고 *Polygonum*이 가장 짧은 수치를 나타냈다. litter bag법과 litter회수법의 莠과 葉의 소실년수를 비교하여 보면 *Miscanthus*는 litter회수법이 litter bag법보다도 빠르고 *SaSa*는 거의 같은 정도의 數値가 얻어졌다.

Table 3. The comparison of the years of 95% disappearance ( $t_{95}$ ) between litter bag method and natural method. Natural method is calculated from litter fall and maximum litter.

Species	Natural method	Litter bag	
		Leaf	Stem
<i>Miscanthus</i>	6.7	7.8	10.4
<i>Sasa</i>	8.8	8.4	8.8
<i>Artemisia</i>	2.7	3.8	6.2
<i>Polygonum</i>	1.6	—	3.2

또한 *Artemisia*와 *Polygonum*에서는 litter 회수법이 litter bag법 보다도 훨씬 빨리 소실되는 결과를 보였다.

그림 3은 litter중의 질소함유율과 litter bag법에 의해 산출한 litter의 95% 소실년수와의 관계를 나타냈다. 상관계수는 -0.92로 질소농도가 높을수록 소실속도가 빠른 결과를 보였다. 따라서 초종에 의한 분해속도의 차이는 질소농도의 차이에 의해서 초래 되어질 가능성이 높았다.

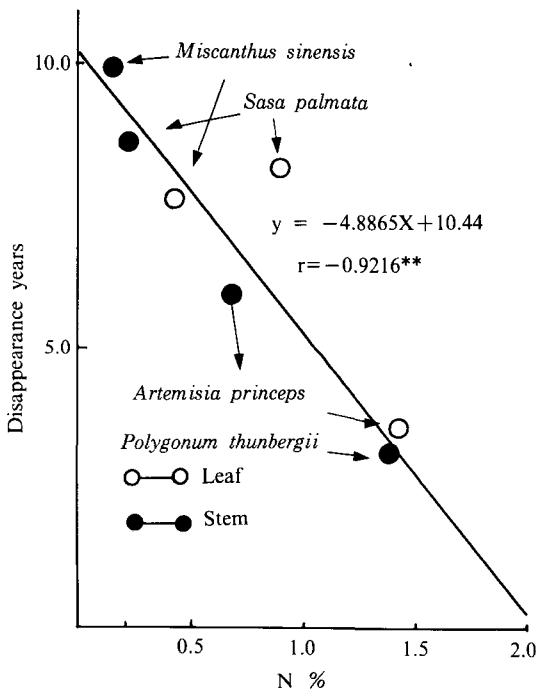


Fig. 3. Relationships between nitrogen concentration of litter and disappearance years (95%) derived from litter-bag method.

#### IV. 考 察

식물의 생육과정은 새로운 조직의 형성과 오래된 조직의 枯死가 동시에 진행된다. 枯死, 탈락에 의해서 생기는 litter의 量을 정량적으로 파악하는 것은, 물질의 토양으로의 환원속도를 구명하는데 있어서 대단히 중요하다고 할 수 있다.

小池 等(1971)은 *Miscanthus*초원의 생육기간중의 枯死, 탈락량은 최대현존량의 약 6%로 推定하였고,

9월까지의 枯死, 탈락량은 극히 미량이었다고 보고하였다.

본 실험에서도 *Miscanthus*의 생육이 끝날때까지 회수된 litter량은 극히 적었다.

한편 *Artemisia*, *Polygonum*의 9월 하순까지의 litter 공급량은 年間 공급량의 약 45~50%를 보였으며, 화본과의 *Miscanthus*, *SaSa*의 최대 litter 현존량은 많았지만 litter공급량이 비교적 적어서 litter의 소실속도는 느린 결과를 나타냈다. 또한 litter의 공급과정을 보면 *SaSa*는 적은 양이 6월부터 공급되었지만 *Miscanthus*는 생육기중 11월에 집중되었다. 따라서 새로운 litter의 분해는 대부분 겨울이후 동시에 진행되었다. 이에 비하여 광엽초본인 *Artemisia*, *Polygonum*의 최대 litter현존량은 적었고 litter 공급량은 비교적 많았지만 litter의 소실속도가 빨라서 *Miscanthus*, *SaSa*에 비하여 일년을 통하여 보다 더 일정한 litter 공급형을 보였다. 즉 litter의 공급과 분해가 평행적으로 진행되어 함유하는 물질이 토양에 환원되는 속도가 빠르다고 할 수 있다. 따라서 前報(鄭等, 1992)에서 litter내의 P의 存在量과 지상부 P의 현존량과의 초종에 의한 차이는 litter의 소실속도와 공급 pattern에 의한 초종간 차이에 의해 기인된 것으로 밝혀졌다. 여기서 前報(鄭等, 1992)에서 論하였던 식물체 및 litter의 P함유량과 본 실험에서 측정된 litter集積量으로부터 각 군락에 있어서 年間 P의 저장, 환원량을 구하면 표 4와 같다.

Table 4. P-flow of each community in the year ( $g/m^2$ ).

Community	Storage	Plant~ litter
<i>Miscanthus</i>	0.82	0.08
<i>Sasa</i>	0.95	0.03
<i>Artemisia</i>	1.55	0.46
<i>Polygonum</i>	0.25	0.48

*Miscanthus*군락에서 종자와 지하경에 저장된 P량은  $0.82(g/m^2)$ 였지만 litter로써 토양에 환원된 P은 0.08g에 불과하여 식물체에 흡수된 P의 대부분은 저장기관중에 잔존하여 토양으로 부터의 P의 흡수가 적어도 개체유지가 가능하다고 할 수 있다.

SaSa군락에 있어서도 *Miscanthus*와 비슷한 결과로 지상부, 지하경에 저장하는 P의量は  $0.95(\text{g}/\text{m}^2)$ , litter로써 토양에 환원되는 P는 4초종중에서 최저치인  $0.03\text{g}$ 으로 나타났다. *Artemisia*군락에 있어서 저장된 P는  $1.55(\text{g}/\text{m}^2)$ 로 4초종중에서 가장 많았으며, 대부분이 종자중 P으로 litter에 의한 P의 환원도  $0.46\text{g}$ 으로 *Miscanthus*, SaSa 보다도 토양으로의 P의 환원량도 많았다.

*Polygonum*군락에 있어서 종자중 P의量は  $0.25(\text{g}/\text{m}^2)$ 로 적었으나 litter로써 토양에 환원되는量は  $0.48\text{g}$ 으로 4초종중에서 가장 높은 수치를 보였다. 즉 일년생의 *Polygonum*군락은 식물체에 의해서 흡수된 P의 약 2/3가 다시 토양에 환원되어졌다.

이와 같이 각 초종에 있어서 P의動態가 커다란 차이가 있고, 특히 다년생 화분과 식물은 식물-토양간 P의 出納速度가 느리고 일년생식물은 보다 빠르다는 것을 알 수 있다.

한편 이러한 유기물의 분해, 소실속도에 관해서는 Yamane 等(1971)도 litter bag법에 의해 *Miscanthus*, SaSa의 분해, 소실율을 구하였는데 그 결과에 의하면 *Miscanthus*의 莖은 일년간에 60%, 2년간에 40%, 5년간에 10%의 잔존율을 보여 본 실험의 결과와 거의 비슷한 소실속도를 나타냈다.

본 실험에서 litter회수법에 의한 소실년수는 litter bag법에 의해 구해진 수치 보다도 적은 결과를 얻었다. 이러한 원인은 litter bag은 토양동물의 활동이 저해되고, 토양에 직접 접촉되지 않기 때문에 토양동물의 관여도 억제되어져 litter 회수법 보다 소실년수가 길어졌다고 생각된다.

Yamane 等(1971)도 SaSa의 葉은 *Miscanthus*葉보다 분해속도가 느리지만 莖은 *Miscanthus*莖보다 빨리 분해되는 이유로써 SaSa의 莖은 구멍이 있어 토양동물의 공격을 받기 쉽기 때문에 빨리 분해되어진다고 하였다. 이처럼 litter bag에 의한 방법은 특정 대상이 되는 litter를 추적하는데 있어서는 유효하지만 토양동물, 토양미생물의 활동을 저해하기 때문에 과소평가가 될 가능성이 있다. 또한 본 실험에서 질소농도와 소실속도는 강한 상관을 보여 litter의 분해에는 질소가 커다란 관여를 하고 있다는 것이 나타났다. Ohara 등(1971)은 초지 생태계에 있어서 생산 및 분해평형 중에서 유기물에 대한 전질소의 비율은 낙엽층에 있어서 負의 상관성이 있다

고 보고하였다. 즉 litter 중의 질소농도가 높으면 그것을 이용하는 토양미생물, 소동물의 활성이 높아져 그러한 토양동물의 공격을 받는 유기물의 분해속도는 더욱 빨리 진행될 수 있다고 생각된다.

따라서 *Artemisia*, *Polygonum* litter의 소실속도가 큰 것은 이러한 litter의 높은 질소함유에 의해서 소실속도가 빨라졌다고 생각된다.

이상의 결과로 부터 litter의 소실속도는 초종에 따라서 차이가 있고 litter의 분해에 의해 환원되는 물질의 토양으로의 공급속도도 커다란 차이가 있다는 것이 밝혀졌다. 식물체 P는 litter의 분해를 통하여 토양 P으로 이행하기 때문에 *Miscanthus*, SaSa는 *Artemisia*, *Polygonum*군락에 비하여 식물체 P의 토양으로의 환원량과 환원속도에 큰 차이를 보였다. 이처럼 초종에 의한 P의 환원량의 차이, 초종에 의한 P의 저장, 이용특성 또한 토양의 특성으로부터 P의 흡착, 고정 등이 자연초지의 식생천이에 커다란 영향을 미친다고 생각된다.

한편 I, II報를 종합하여 강산성 화산회 토양의 자연초지의 P-cycle을 정리하면 그림 4로 간단히 요약될 수 있다. 다년생 식물인 *Miscanthus*는 litter로서 토양에 환원되는 P의 양도 적고 식물체가 토양으로부터 흡수하는 P의 양도 적었다. 그러나 일년생 식물인 *Polygonum*은 litter로서 토양에 환원되는 P의 양도 많고 식물체가 토양으로부터 흡수하는 P의 양도 많기 때문에 만일 그러한 P을 토양으로부터 흡수하지 못할 경우는 생육이 불가능하다는 것을 알 수 있다.

본 실험에 이용한 *Miscanthus*, SaSa, *Artemisia* 등의 다년생 식물은 토양으로부터 흡수한 양분의 대부분을 월동기간에 저장하여 토양에의 환원을 되도록 적게 하려는 성질을 가지고 있다. 따라서 다년생 식물은 토양 용액 중에 저농도로 존재하는 P이라도 생육 season을 반복함에 따라서 개체중에서 서서히 축적시키는 것이 가능하다.

그것에 비하여 *Polygonum*과 같은 일년생 식물은 종자형태로 월동하기 때문에 다음 개체로의 P의 직접적인 讓與는 종자중의 저장 P을 통해서만 행해진다. 따라서 개체가 흡수한 대부분의 P는 枯死部와 같은 토양에 다시 還元되어진다. 본 실험이 행해진 강산성 화산회 토양은 인산고정력이 크고 그 결과 토양 용액중의 유효태 P의 수준은 항시 낮게

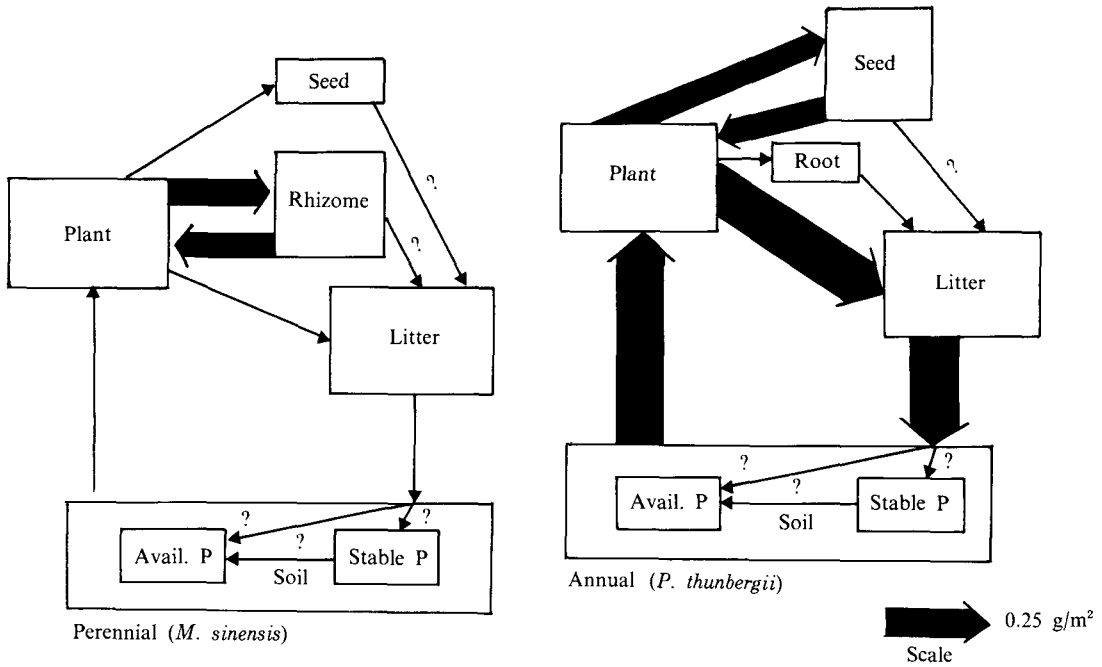


Fig. 4. Scheme of P-cycle in perennial and annual plant in natural grassland.

유지되어 있는 상태라 할 수 있다. 즉 한번 토양에 방출된 P은 토양에 강하게 고정되어 식물은 항상 低 P환경하에 놓여져 있다. 따라서 이와 같은 토양 환경하에서는 개체저장이 많은 다년생 식물보다도 종자저장과 발아후의 흡수에 의존하는 일년생 식물에서 P이 생육의 커다란 제한인자가 되기 쉽다고 생각된다.

지금까지 설명하였던 일년생 식물과 다년생 식물과의 P-cycle의 차이를 자연초지에 있어서 중간경쟁의 시점에서 고찰하면 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

裸地에 일년생과 다년생 식물이 동시에 침입하였을 때 유효태 P이 높은 환경하에서는 일년생 식물이 다년생 식물을 억압하여 우점하는 것이 Italian ryegrass 와 Perennial ryegrass 실험에서 증명되었다(鄭等, 1991). 한편 토양중의 유효태 P이 낮을 경우의 幼齡期의 초기단계에서는 종자중의 저장 P이 많은 일년생 식물은 P이 생육의 제한인자가 될 경우는 적지만 그 후 뿌리로부터 P의 흡수는 크게 제한된다. 그에 비해 다년생 식물은 종자중의 저장 P이 적어 처음의 성장속도는 늦지만 서서히 체내에

P을 축적하여 특히 월동전까지 생존한 개체는 체내 저장 P을 이용하여 다음 해 이른 봄의 신장이 빠르기 때문에 광경쟁의 면에서 연년적으로 유리해진다. 즉 토양중의 유효태 P수준에 대한 초장 및 건물 생산의 반응성은 일년생 식물이 민감하여 유효태 P이 높은 환경하에서는 일년생 식물이 유리하고 유효태 P이 낮은 환경하에서는 시간이 경과함에 따라서 다년생 식물이 유리하여 진다고 생각된다.

이상의 결과에 의하면 일년생 식물과 다년생 식물은 P의 貯藏, 還元양식이 차이가 있고 또한 P의 고정력이 높은 토양환경하에서는 토양중의 유효태 P의 변화에 의해서 일년생과 다년생 식물과의 경쟁 관계에 커다란 영향을 미치는 것이 推察되었다.

## V. 摘 要

燐의 식물체로부터 토양으로의 주요 환원경로인 litter의 분해과정에 관해서 조사하였다. 즉 생활형이 다른 *Miscanthus sinensis*, *SaSa palmalta*, *Artemisia princeps* 및 *Polygonum thunbergii* 군락에 있어서 litter로서 공급되어지는 총 낙엽량과 litter 存在量으로

부터 litter의 소실속도를 구하였고, 또한 균락하에 nylon mesh bag 중에 litter를 집어 넣은 litter bag을 설치하여, 그 내용물중의 감소속도로 부터 소실속도를 구하여 비교 검토하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 최대 litter 양은 *Miscanthus* > *SaSa* > *Artemisia* > *Polygonum* 의 순이었지만, 년간의 litter 공급량은 *Artemisia* > *Miscanthus* > *Polygonum* > *SaSa*의 순으로 나타났다.

2. 식물체 燐의 토양에의 환원속도는 *Polygonum* > *Artemisia* > *Miscanthus* > *SaSa*의 순으로 나타났다.

3. litter bag 법으로 산출된 소실속도는 자연상태에서 얻은 결과보다 소실속도가 늦은 경향을 보였다.

4. litter의 질소함유율과 litter의 소실속도와의 사이에는 강한 負의 상관을 보였다.

## VI. 引用文獻

1. A.O.A.C. 1984. Official methods of analysis (14th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
2. Ohara, H., Yoshida and N. K. Chang. 1971a. Balance of producers and decomposers in grassland ecosystem in Obihiro. J. Japan Grassl. Sci. 17(2):86-96.
3. Ohara, H., Yoshida and N. K. Chang. 1971b. Balance of producers and decomposers in grassland ecosystem in Obihiro. J. Japan Grassl. Sci. 17(2):97-105.
4. Midorikawa, B. 1959. Growth analytical study of altherbosa on Mt. Hakkoda, norhest Japan. Eclo. Rev. Sendai. 15:83-117.
5. Yamane, I. and K. Sato. 1971. Decomposition of litter of *Miscanthus sinensis* and *SaSa palmalta* during five years under seminatural condition. JIBP Synsthesis. Vol. 13:212-214.
6. 依田恭二. 1974. 森林の生態學. p. 82, 築地書館.
7. 桐田博充. 1979. 放牧草地における植物枯死體の消失速度. 第26回 日本生態學會講演要旨:306.
8. 小池一正, 吉田重治. 1971. 草地生態界の生産と保護に関する研究(沼田 眞編). 1971年度 報告. 120.
9. 鄭 燦, 全炳台. 1991. 一年生 및 多年生 牧草에 있어서 燐酸 吸收의 年次的 變化. 韓草誌. 11 (4):230-235.
10. 鄭 燦, 菅原和夫, 全炳台. 1992. 強酸性 火山灰 土壤에 있어서 草原의 遷移에 미치는 燐酸의 役割. I. 一年生 草本群落에 있어서 燐의 循環. 韓草誌. 12(3):145-152.