

# 관악산의 잔디와 억새 생태계에 있어서 에너지의 흐름과 무기물의 순환 7. Mn, Zn의 순환

강경미 · 김정석 · 장남기

서울대학교 생물교육과

## The Energy Flow and Mineral Cycles in a *Zoysia japonica* and a *Miscanthus sinensis* Ecosystem on Mt. Kwanak 7. The Cycles of Mn and Zn

Kang, Kyoung-Mi, Jung-Seok Kim and Nam-Kee Chang

Dept. of Biology Education, Seoul National University

### ABSTRACT

This study was performed to find out the mineral cycles of manganese and zinc in dynamic grassland ecosystems in a steady state condition at the northwest side on Mt. Kwanak. The experimental results may be summarized on the communities of a *Zoysia japonica* and a *Miscanthus sinensis* as follows.

As compared with some properties of the surface soils among two semi-natural grasslands, manganese and zinc was greater quantity in a *Miscanthus sinensis* than in a *Zoysia japonica* on Mt. Kwanak.

For the case of steady production and release, the ratio of annual mineral production to the amount accumulated on the top of mineral soil in a steady state provides the estimates of release constant  $k$ . The release constants of Mn and Zn of the litter were 0.19 and 0.14 in the *Zoysia japonica* grassland, and were 0.44 and 0.41 in a *Miscanthus sinensis* grassland, respectively. The half times of Mn and Zn required for the release or accumulation of the litter on the grassland were 3.65 and 4.95 years in the *Zoysia japonica*, and were 1.57 and 1.69 years in the *Miscanthus sinensis*, respectively.

The amounts of annual cycles for Mn and Zn in the grassland ecosystem under the steady-state conditions were 58.60 and 21.46 mg /m<sup>2</sup> in a *Zoysia japonica*, and were 372.12 and 321.49 mg /m<sup>2</sup> in a *Miscanthus sinensis* grassland.

**Key words:** *Zoysia japonica*, *Miscanthus sinensis*, Mt. Kwanak, Manganese, Zinc, Mineral cycles.

## 서 론

생태계를 구성하고 있는 생물 군집은 여러 가지 무기물질과 유기물질을 끊임없이 생산하고 분해하면서 순환시키고 있다. Jenny (1941)는 기후, 모암, 지세, 생물 등의 함수로 식물의 생산능을 표시하였다. 그 이래로 Major(1951), Chang과 Yosida(1973), 김과 장(1973), 장과 김(1992) 등은 분해 모델을 통해 생산과 분해에 대한 연구를 수행하였으며, 생산능에 따라서 토양의 성분이나 구성비율이 다르게 나타나고 그 분해도 차이가 있다고 보고하였다.

식물의 낙엽의 생산과 분해에 대한 연구는 Olson(1963)의 모델을 기초로 하여 장 등(1987a, b)은 분해 모델을 정립하였고, 구룡산의 초지와 삼림에서의 낙엽의 생산과 분해에 대한 연구를 수행하였으며(장 등, 1990), 삼림에서의 낙엽생산과 분해의 평형에 대한 연구를 수행하였다(장 등, 1991).

육상생태계는 극상림을 이룬 상태에서는 생체량이나 종 다양성에 있어서 거의 변화를 보이지 않는다(Olson, 1963). 김과 장(1990)은 삼림에서의 구성성분에 따른 분해율을 조사하였다. 심 등(1993)은 수중에서의 낙엽의 초기분해에 대한 연구를 하였으며, 김과 장(1975)은 참나무림과 소나무림에 대한 연구를 통해 낙엽의 분해율에 영향을 미치는 요인에 대해 부식질, 유기탄소, 수분함량, 칼슘, 인 질소 함량에 따라 다르게 나타난다고 보고하였다. 또한 Oohara 등 (1971 a, b, c), Chang과 Yoshida(1973), 장 등(1987)은 유기성분들 간의 분해 속도와 유기성분의 분해율은 식물의 종에 따라서 차이를 나타낸다고 보고하였다.

망간은 동식물에 있어서 필수적인 양분으로 몇 가지 효소의 활성화에 영향을 미친다. 그러나 매우 낮은 농도에서도 동식물의 성장을 억제할 수 있으며 어떤 환경에서는 오염물질이 될 수도 있다.

아연은 식물과 동물의 생존에 필요한 미량원소 중의 하나이다. 포유류에 있어서도 Zn은 필수적인 요소로서 핵산과 RNA polymerase, DNA polymerase 등의 생합성에도 중요한 역할을 하고 호르몬대사, 면역반응, 리보솜과 막의 안정화와 같은 수많은 생리적 과정에도 영향을 미친다 (James and Ramamoorthy, 1983). 그러나 과량으로 존재할 경우 다른 중금속과 마찬가지로 생물체에서 치명적인 영향을 나타낸다.

본 연구에서는 유동적인 초지생태계의 망간, 아연의 순환을 관악산의 북서면에 위치하는 잔디와 억새초지를 통해 규명하였다.

## 연구재료 및 방법

관악산의 북서면에 위치하는 *Zoysia japonica* 군락과 *Miscanthus sinensis* 군락의 무기성분을 조사하기 위하여 장 등(1995a, b)과 Allen(1974)의 방법에 따라 조사지를 선택하고 시료를 채취하였다. 방형구법에 따라 L, F, H, A<sub>1</sub>층으로 구분하여 토양을 채취하였다. 낙엽의 총생산량은 총건량으로 산출하였고, 유기물 함량은 건조기에서 건조시킨 시료 1g을 도가니에 담은 후 furnace에 넣어 450℃에서 4시간 동안 태운 다음, 제습기에서 30분 정도 식힌 후 작열소실량으로 정량하였다.

무기성분의 함량을 조사하기 위해서는 각 토양시료 0.5g에 60% HClO<sub>4</sub> 1ml, Conc. HNO<sub>3</sub> 5ml 과 Conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.5ml을 첨가한 후 흰 연기가 날 때까지 가열한 후 실온에서 식혔다. 식힌 용액

을 Whatman No. 44로 여과한 후 증류수를 첨가하여 50ml로 희석하였다. 원자흡광분석기를 이용하여 망간은 279.5nm의 파장에서, 아연은 213.8nm의 파장에서 정량하였다.

무기성분의 분해 및 축적에 관계된 release constants는 Chang과 Oh(1995) 및 Chang과 Ahn(1995)에 의해 정립된 모델을 사용하여 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 관악산 토양층의 무기성분 (Mn, Zn)

본 연구는 유동적인 초지생태계의 망간, 아연의 순환을 관악산의 북서면에 위치하는 잔디와 억새초지를 통해 규명하고자 한 것으로 그 결과는 다음과 같다.

토양내에 함유되어 있는 망간은 잔디군락에서는 306.30 mg/m<sup>2</sup>이었고, 억새군락에서는 854.88 mg/m<sup>2</sup>이었으며, 아연은 각각 153.71, 782.53 mg/m<sup>2</sup>이었다. 두 초지군락에서 표면층의 토양을 비교해 보면, 망간과 아연의 함량이 잔디군락보다는 억새군락에서 더 높게 함유되어 있음을 알 수 있었다.

매년 첨가되는 망간과 아연의 양은 잔디군락에서는 58.60, 21.46 mg/m<sup>2</sup>이었고, 억새군락에서는 372.12, 321.49 mg/m<sup>2</sup>이었다.

### 2. 각 무기성분의 분해 상수 추정

이 연구에서 선택된 초지가 평형상태에 도달했다는 가정 하에 장 등의 방법에 따라, 잔디 군락과 억새군락의 분해상수  $k$ 를 추정하였다. 각 군락에서의 분해상수는 Table 1, 2에 제시되어 있으며, Fig. 1, 2에 그림으로 표시되어 있다. 잔디군락에서 망간, 아연의 분해상수는 각각 0.19, 0.14였으며, 억새 군락에서는 각각 0.44, 0.41로서, 억새군락의 분해상수가 잔디군락에 비해 더 큰 값을 갖음을 알 수 있었다.

### 3. 무기성분의 순환

평형상태에서 50, 90, 95%로 분해 및 축적되는데 걸리는 시간은 각각  $0.693/k$ ,  $3/k$ ,  $5/k$ 년이므로, 본 연구를 통하여 관악산의 초지생태계에서 망간이 50, 90, 95%로 분해 및 축적되는데 걸리는 시간은 잔디군락에서는 3.65, 15.78, 26.30년으로 나타났으며 억새군락에서는 1.57, 6.81,

**Table 1.** Decay constants and the amount of manganese for the accumulation and the decomposition of litters from *Zoysia japonica* and *Miscanthus sinensis* grasslands on Mt. Kwanak

Grassland	Unit	L	F	H	A <sub>1</sub>	k
<i>Zoysia japonica</i>	mg/m <sup>2</sup>	58.60	47.21	48.03	152.46	0.19
<i>Miscanthus sinensis</i>	mg/m <sup>2</sup>	372.12	280.43	164.81	37.52	0.44

**Table 2.** Decay constants and the amount of zinc for the accumulation and the decomposition of litters from *Zoysia japonica* and *Miscanthus sinensis* grasslands on Mt. Kwanak

Grassland	Unit	L	F	H	A <sub>1</sub>	k
<i>Zoysia japonica</i>	mg/m <sup>2</sup>	21.46	26.31	26.43	79.51	0.14
<i>Miscanthus sinensis</i>	mg/m <sup>2</sup>	321.49	263.69	162.50	34.85	0.41

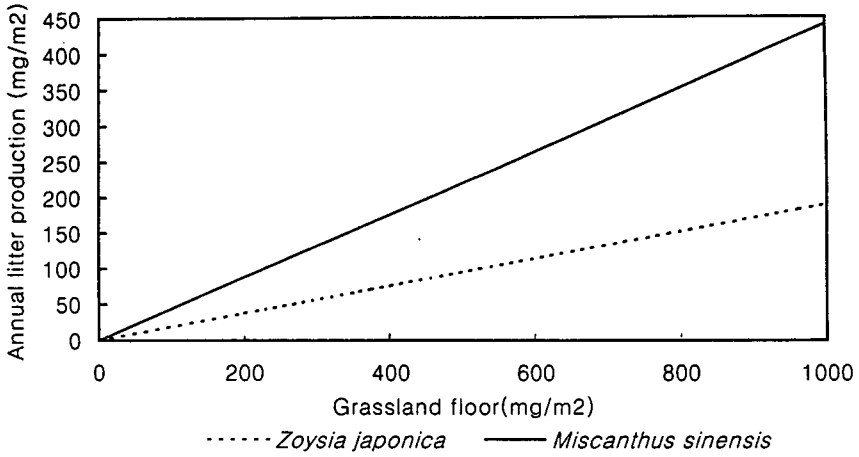


Fig. 1. Estimates of the release constants for Mn in a *Zoysia japonica* and a *Miscanthus sinensis* grassland from the ratio of annual addition of mineral components to the steady state accumulation.

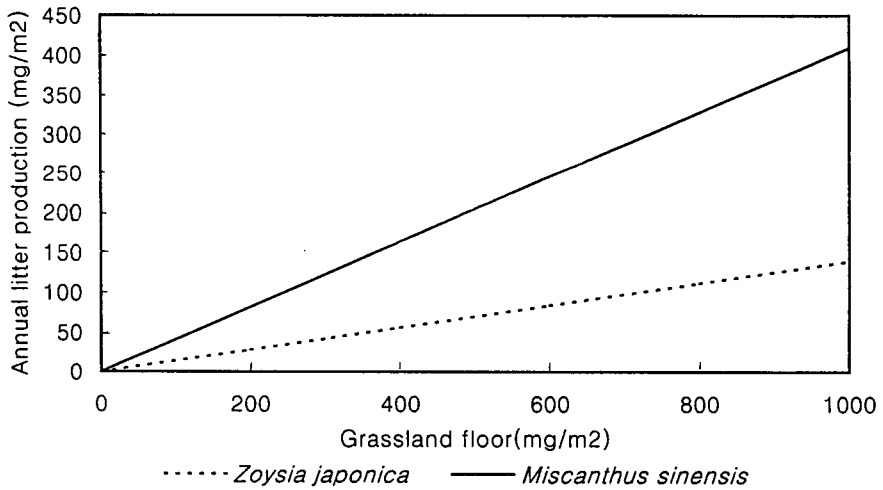


Fig. 2. Estimates of the release constants for Zn in a *Zoysia japonica* and a *Miscanthus sinensis* grassland from the ratio of annual addition of mineral components to the steady state accumulation.

11.35년이었고, 아연이 50, 90, 95%로 분해 및 축적되는데 걸리는 시간은 잔디군락에서는 4.95, 21.42, 35.70년이었고 역새군락에서는 1.69, 7.32, 12.20년이였다(Table 3. 4.).

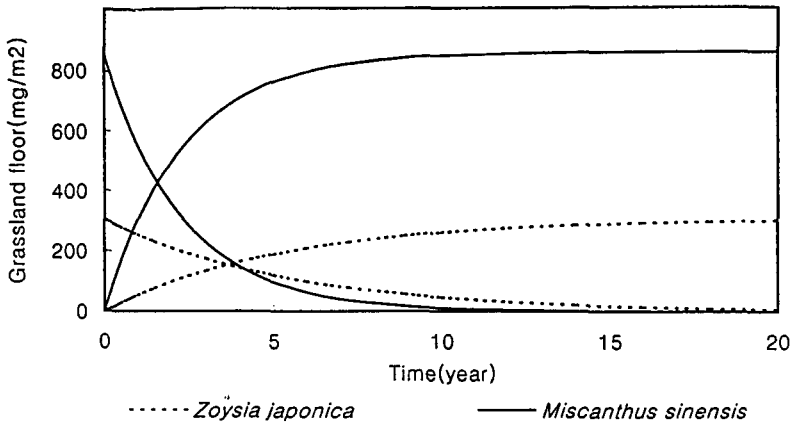
이 연구결과와 팔당호 수생 초지 생태계의 연구결과(Yun et al., 1997)를 비교해 보면 관악산 초지에서의 분해율이 수생생태계에서의 유실율보다 훨씬 작은 것을 알 수 있다. 육상생태계와 수생생태계는 토양내의 유기물의 대부분을 낙엽과 같은 생물을 통해 공급받는다. 강우에 의해 그리고 강물의 이동에 의해 많은 양의 유기물과 무기양분을 소실하게 되는 수생생태계와는 달리 육상생태계는 공급받은 유기물의 대부분을 그대로 유지하게 된다. 따라서 육상생태계에 있어서 분해 및 축적되는데 걸리는 시간은 수생생태계에 비해 더 크게 된다.

**Table 3.** Decay constants for exponential decomposition of manganese from *Zoysia japonica* and *Miscanthus sinensis* grasslands on Mt. Kwanak

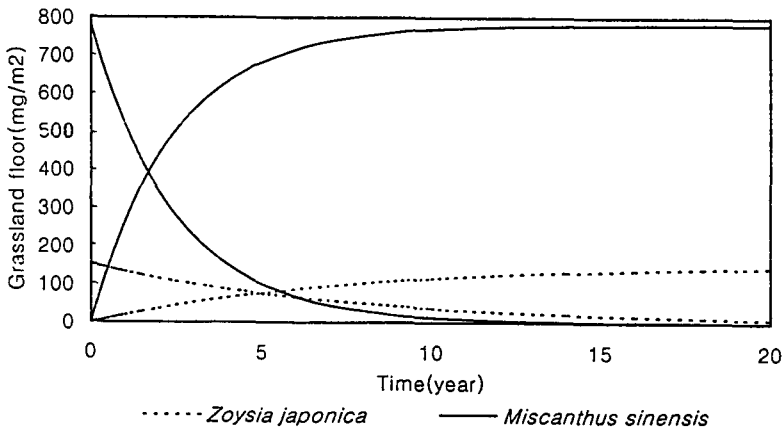
Grassland	Loss constant 1 /k	Half-time 0.693 /k	95% time 3 /k	99% time 5 /k
<i>Zoysia japonica</i>	5.26	3.65	15.78	26.3
<i>Miscanthus sinensis</i>	2.27	1.57	6.81	11.35

**Table 4.** Decay constants for exponential decomposition of zinc from *Zoysia japonica* and *Miscanthus sinensis* grasslands on Mt. Kwanak

Grassland	Loss constant 1 /k	Half-time 0.693 /k	95% time 3 /k	99% time 5 /k
<i>Zoysia japonica</i>	7.14	4.95	21.42	35.70
<i>Miscanthus sinensis</i>	2.44	1.69	7.32	12.20



**Fig. 3.** Relation between the accumulation and decomposition of Mn from the litters of a *Zoysia japonica* and a *Miscanthus sinensis* grassland on Mt. Kwanak.



**Fig. 4.** Relation between the accumulation and decomposition of Zn from the litters of a *Zoysia japonica* and a *Miscanthus sinensis* grassland on Mt. Kwanak.

## 적 요

본 연구는 관악산의 북서면에 위치하는 잔디와 억새초지에서 이루어지고 있는 망간과 아연의 순환 작용을 규명하고자 조사 비교한 것으로 그 결과는 다음과 같다.

두 개의 초지군락에서 표면층의 토양을 비교해 보면, 망간과 아연의 함량이 잔디군락보다는 억새군락에서 더 높게 함유되어 있음을 알 수 있었다. 잔디 군락에서 망간, 아연의 release constants는 0.19, 0.14로 각각 나타났다. 억새 군락에서는 망간, 아연의 release constants가 각각 0.44, 0.41로 나타났다.

평형상태에서 50, 90, 95%로 분해 및 축적되는데 걸리는 시간은 각각  $0.693/k$ ,  $3/k$ ,  $5/k$ 년이므로, 본 연구를 통하여 관악산의 초지생태계에서 망간이 50, 90, 95%로 분해 및 축적되는데 걸리는 시간은 잔디군락에서는 3.65, 15.78, 26.30년으로 나타났으며 억새군락에서는 1.57, 6.81, 11.35년이었고, 아연이 50, 90, 95%로 분해 및 축적되는데 걸리는 시간은 잔디군락에서는 4.95, 21.42, 35.70년이었고 억새군락에서는 1.69, 7.32, 12.20년이었다.

## 인용문헌

1. 김재근, 장남기. 1989. 관악산에 식재된 리기다소나무림에서의 낙엽의 생산과 분해. 한국생태학회지 12(1):9-20
2. 김준민, 장남기. 1973. 한국에 있어서 식물군집의 분포양상과 생산능에 관하여. 국립과학아카데미 12:97-113.
3. 장남기, 김재영. 1992. 생태계에 있어서 자정계수의 측정과 오염부하량의 조절 원리. 한국생태학회지 15(1):287-296.
4. 장남기, 한석은. 1985. 해남과 거제도의 상록활엽수림에 있어서의 낙엽의 생산과 분해에 관한 연구. 한국생태학회지 8(3):163-169.
5. 조강현, 김준호. 1994. 수심에 따른 줄(*Zizania latifolia*) 개체군의 경엽부 성장 비교. 한국생태학회지 17(1):59-67.
6. 조강현, 박상규, 김준호. 1994. 팔당호 연안대에서 저토와 수체에 대한 대형 수생식물의 반작용. 한국육수학회지 27(1):59-67.
7. Chang, N.K., H.B. Kim and J.H. Yoo. 1986. A study on the decomposition of litter and the leaching of mineral nutrients in the stands of *Pinus rigida* on Mt. Gwanak and *Pseudotsuga japonica* on Odong-do. Korean J. Ecol., 9(2):51-58
8. Chang, N.K., J.S. Kim, K.C. Shim and K.M. Kang. 1995a. The Energy flow and mineral cycles in a *Zoysia japonica* and *Miscanthus sinensis* ecosystem on Mt. Kwanak. 1. The standing crop and production structure. Korean J. Turf. Sci., 9(2):101-107.
9. Chang, N.K., J.S. Kim, K.C. Shim and K.M. Kang. 1995b. The Energy flow and mineral cycles in a *Zoysia japonica* and *Miscanthus sinensis* ecosystem on Mt. Kwanak. 2. Organic matter synthesis and decomposition balance. Korean J. Turf. Sci., 9(2):109-117.

10. James, W. Moore and Ramamoorthy. 1984. Heavy metals in natural waters-applied monitoring and impact assessment.
11. Stewart, E. Allen, H. Max Grimshaw, John A. Parkinson and Christopher Quarmby. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publications.
12. Yun, S.S., I.S. Lee and N.K. Chang. 1996. The removal rates of the constituents of litters in the littoral grassland ecosystems in the lake Paldangho VI. Cu, Fe and Zn. Korean J. Turf. Sci., 10(4):305-314.