

운봉지역 목초지의 토양미소절지동물

권 영 립

(전라북도농업기술원)

Soil microarthropods in pasture at Unbong, Namwon city

Kwon, Young-Rip

(Chonbuk Agricultural Research and Extension Services Administration)

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the composition of soil microarthropods in pasture at the Unbong Area, to fulfil this purpose, samples were taken from National livestock research institute Namwon branch from 24. June, 1998 to 18. September. The results of this study were as follow. Collembola was hight in cattle and goat pasture, and Acarina was hight in wild and gathering pasture. Oribatied mites were also hight in wild and gathering pasture more than cattle and goat pasture. Oribatid mites as a vectors of cestodes were identified 7 species of *Carabodes peniculatus*, *Carabodes* sp., *Scheloribates laevigatus*, *Scheloribates latipes*, *Scheloribates rigidisetosus*, *Galumna cuneata* and *Galumna* sp. The diversity indices showed hight in wild and gathering pasture. According to the MGP analysis I was type GP, and analysis II was type P.

Key Words : Soil, Microarthropods, Oribatid mites, Pasture, Fauna

서 론

목초지는 초지 조성 당시에 경운이나 rotary 등으로 토양환경이 원식생과 많이 달라지게 되며 조성 후에도 일정한 기간이 지나면 다시 초지갱신으로 토양미소절지동물의 서식환경 변동이 되풀이 된다. 또한 가축의 도입으로 인한 蹂躪이나 분뇨 배설 등으로 산림 및 일반 재배토양 등에 비해서 토양 중에 서식하는 미소절지동물상의 구성이 다를 것으로 생각된다.

목초지에 대한 연구로는 靑木(1962)가 면산양 등에 기생하는 확장조충 *Moniezia expansa*를 포함

한 조충류 특히 Anoplocephalinae아과의 중간숙주가 날개응애류 중에 있다는 보고에 의해서 일본 전국 종축장 방목지의 토양 중에 분포된 날개응애류를 조사하여 31종을 보고한 바 있다.

필자 등(崔와 권, 1984)은 목초지중에서 면양이 방목되고 있는 산간부의 방목초지와 젖소가 방목되고 있는 평야부의 방목지에서 토양 중의 소형절지동물을 조사하여 보고한 바 있다.

본 연구는 목초지 중에서 염소와 한우가 방목되고 있는 방목지와 인공채초지 그리고 야초지를 대상으로 토양 중의 소형절지동물과 응애목의 날개응애류를 중심으로 분포상태를 조사 분석하였다.

재료 및 방법

조사지역은 전북 남원시 운봉읍 용산리 소재 축산기술연구소 남원지소의 목초지로서 해발 500m에 위치하며 산간지에 속하고 1971년 처음으로 초지를 조성한 후 1976년에 1차 갱신한 바 있으며 그 후 주기적으로 갱신이 반복되어 왔다.

본 시험을 수행하기 위한 조사지역은 한우와 염소가 각각 방목된 초지와 기계에 의해서 목초종자가 파종되고 수확되어지는 인공초지 그리고 야초지 등을 비롯하여 4지역을 선정하였다.

한우방목지는 1993년 8월에 갱신되었으며 2ha의 면적에 orchard grass, tall fescue, timothy, kentucky bluegrass 등의 목초가 파종되었다. 한우가 4월부터 11월 사이에 45일 간격으로 윤환방목되고 있으며, 비료는 질소, 인산, 카리를 ha당 112-80-96kg 기준으로 초지관리를 위해서 사용되고 있었다. 염소방목지는 0.6ha의 면적이 1983년에 갱신되어 kentucky bluegrass, white clover의 목초가 파종되어 있고 한우방목지와 비슷하게 4월에서 11월 사이에 염소들이 윤환 방목되고 있었다. 초지는 4.0ha의 면적이 1996년 8월에 갱신되어 orchard grass, tall fescue, kentucky bluegrass 등이 파종되었고 봄, 가을에 기계로 수확되어 건초로 이용되고 있었으며 초지관리를 위해서 질소, 인산, 카리를 ha 당 140-100-120kg 기준으로 사용되고 있었다. 야초지는 1971년에 10ha의 면적을 지상부의 목본류를 제거하고 면양을 방목한 후 1992년도 이후에 현재까지 계속적으로 방치된 영구초지로서 억새, 솔새, 싸리, orchad grass, clover, 철쭉 등이 자라고 있는 지역이다.

토양채취는 1998년 6월 24일과 9월 18일 2회 정량적 채취를 하였다. 각 조사지역에 30×30(M)의 토양채취구역을 임의로 설정하고 토양채취기 (10×10×5cm)를 사용하여 토양동물의 분리 추출용으로 이용하고자 500cc씩 5지점에서 2,500cc를 채취하였다.

채취된 토양은 Tullgren장치를 사용하여 72시간 동안 추출하고 미소동물을 분리하였다. 분리추출된 토양동물은 해부현미경으로 검경하여 응애류를 제외한 동물은 군집별로 개체수를 계수하고 날개응애류는 표본제작하여 종단위까지 분류하여

목록을 작성하였다.

날개응애의 종구성 및 군집의 생태를 분석하였는데, 각 조사지 내 날개응애류의 군집분석은 다음과 같은 식을 인용하여 계산하였다.

A. 우점도지수(Dominance index)

Simpson's index(Simpson, 1949)

$$D_s = 1 - \frac{\sum ni(ni-1)}{N(N-1)} \quad (N : \text{총개체수}, \\ ni : \text{종당개체수})$$

B. 다양도지수(Diversity index)

a. Shannon-Weaver index(Shannon, 1949, Marglef, 1968)

$$H' = -\sum (ni/N) \log(ni/N) \quad (N : \text{총개체수}, \\ ni : \text{종당개체수})$$

b. Evenness index(Pielou, 1966)

$$E = H' / \log S \quad (H' : \text{Shannon-Wesver index}, \\ S : \text{총종수})$$

c. Richness index(Margalef, 1958)

$$D = (S - 1) / \log N \quad (S : \text{총종수}, \\ N : \text{총개체수})$$

C. 집중도지수(Aggregation index, Gunnaarsson B, 1980)

$$\lambda = \sqrt{S^2 / \bar{X}} \quad (S^2 : \text{표본의 분산}, \\ \bar{X} : \text{표본의 평균})$$

Table 1. Edaphic data of the Unbong pasture.

site	pH (1:5)	OM (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K	Ca	mg (me/100g)	CEC	EC (mm/hos)
wild	4.6	2.0	712	0.33	0.8	1.4	7.5	0.53
gathering	5.9	2.8	1,208	0.67	1.4	2.8	9.9	0.32
cattle	5.8	3.0	1,171	0.50	0.8	1.4	7.7	1.28
goat	5.7	2.9	813	1.0	1.2	2.8	10.0	0.72

* OM : Organic matter, MO : Soil moisture,
C.E.C. : Cation exchange capacity

결과 및 고찰

토양미소절지동물상

토양동물의 조성분포는 정성적 또는 정량적

으로 대단히 복잡하고 장소에 따라 많은 차이를 보이고 있다. 이들은 서식지의 자연적인 환경요인의 변화 뿐만 아니라 인위적인 교란요인에 의한 영향을 받고 있다.

토양 중에 서식하는 절지동물에 대하여 Wallork(1976)는 5군으로, 靑木(1980)와 渡邊(1973)는 7강 39목으로 분류하여 보고하였다.

본시험을 실시한 목초지는 우리나라 남부의 산간부에 위치한 목초지로, 조성된 지 27년이 경과된 초지이며 한우와 염소가 방목되고 있는 곳이다.

이 목초지에서 채집 분류된 토양미소절지동물군은 표 2에서 보는 바와 같이 거미綱, 갑각강(甲殼綱), 노래기강(培脚綱), 지내강(唇脚綱), 애자내강(結合綱), 昆蟲綱, 톡토기綱 등의 7강에 5,004개체가 검출되었다. 톡토기강은 2,520개체로 48.7%의 가장 높은 비율을 보였으며, 거미강 응애목이 2,250개체 46.7%로 나타나 이들 2군의 합계가 95.3%로 절대우위를 차지하였다. 이와같은 결과는 Crossly 등(1960)이 보고한 Acarina 82.9%, Collembola 12.2%, 기타 3.6%의 구성비나 Chiba 등(1975)이 보고한 Acarina 54.1%, Hymenoptera 16.6%, Collembola 10.4%, Diptera 5.4%의 결과 그리고 Wallwork(1971)이 보고한 Acarina 약 90%, 기타동물 10%의 보고결과와 차이가 있게 나타났다. 톡토기류 중에서 Isotomidae는 40.3%로 전체 토양동물 중에서 차지하는 비율은 19.6%이며, Hypogastridae 39.6%, Onychiuridae 11.1%, Entomobryidae 4.8% 순으로 나타났다.

응애류 중에서 날개응애류는 48.7%로 전체토양동물 중에서 차지하는 비율은 21.3%이며 전기문아목은 34.3%를 차지하고 중기문아목이 20.1%였다. 곤충류는 낫발이목등 7목이 추출되었는데 파리목과 벌목의 비율이 높았고 파리목은 모두 유충태로 채집되었다.

조사지역별로는 한우방목지에서 톡토기류가 58.2%, 염소방목지에서 69.0%를 보여 방목지에서는 두 지역 공히 톡토기류의 비율이 높게 나타났다.

그러나 채초지에서는 응애류가 58.4%, 야초지에서는 57.3%를 보여 방목지와는 대조적으로 초지에서는 응애의 비율이 높게 나타났다.

이러한 결과는 C/A율에 영향을 미치게 되어

목초지에서 64.5~63.1%를 보인 반면 방목지에서는 157.7%~250.5%를 보여 방목지에서 C/A율이 높게 나타났다. 또한 崔(1984), Chiba 등(1975), Crossley 등(1960), 靑木과 栗城(1978) 등은 산림 토양에서 응애류가 우세했다고 보고하였는데, 본 연구에서는 이러한 결과와 상반되게 톡토기류가 우세한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 방목지의 특성상 가축들의 분뇨가 토양에 투여됨으로써 이들 유기물의 초기 분해에 관여하는 톡토기류의 분포가 높게 나타난 것으로 생각된다.

Table 2. Total number of soil microarthropods in pasture at the Unbong.

arthropods	No. of individuals				
	Wild	Gathering	Gattle	Goat	Total
Acarina	709	753	416	372	2,250
Cryptostigmata	432	388	64	53	937
Prostigmata	159	154	313	202	828
Mesostigmata	118	211	39	117	485
Chilopoda	2	1	-	-	3
Crustacea					
Amphipoda	5	-	-	-	5
Diplopoda	6	6	-	-	12
Symphyla	5	3	-	1	9
Insecta	53	51	55	46	205
Protura	5	3	5	5	18
Coleoptera	2	7	2	3	14
Thysanoptera	2	3	2	2	9
Diptera (larvae)	9	11	39	30	89
Hymenoptera	32	24	3	3	62
Isoptera	2	2	4	3	11
Hemiptera	1	1	-	-	2
Collembola	457	475	656	932	2,520
Isotomidae	334	328	157	196	1,015
Entomobryidae	20	30	35	35	120
Onychiuridae	45	21	107	106	279
Hypogastridae	55	96	353	494	998
Sminthuridae	3	-	4	1	8
Total	1,237	1,289	1,127	1,351	5,004

날개응애의 종구성

날개응애류는 토양 중에서 다른 동물에 비해 부식의 분해에 크게 공헌할 뿐만 아니라 환경의 변화에 매우 민감하여 장소 선택성이 강한 것으로 알려지고 있다.

본 조사지에서 채집된 날개응애류는 표3에서 보는 바와 같이 21종이 분류되었는데 靑木(1962)

의 보고에 의하면 일본의 41개소 종축장 목초지 토양 중에서 31종이 분류되었고, Ibarra(1965) 등은 26종을 보고하여 목초지의 날개응애류 종구성은 비교적 단순함을 시사해 주고 있다.

21종 937개체 중에서 야초지 17종, 채초지 14종이 나타나 한우방목지 8종 염소방목지 7종에 비해서 목초지에서 많은 종수를 보였고, 개체수도 목초지에서는 5,000cc당 432~388개체를 나타낸 것에 비해서 방목지에서는 64~53개체를 나타내 목초지에서 많은 개체수를 보였다.

Brockman-Jerosch(1907)가 제안한 방법에 의해서 날개응애류를 각종의 백분율로 우세종을 구분해 보면 *Tectocephus velatus*, *Scheloribates laevigatus*, *S. latipes*, *S. rigidisetosus* 4종이 5% 이상의 우세종으로 *Oppia* sp., *Oppiella nova*, *Galumna* sp., *Trichogalumna nipponica* 등 4종이 2~5%의 중세종으로 *Mesoplophora japonica* 등 13종이 2% 이하의 약세종으로 나타났다. 날개응애류의 초지별 분포에 있어서는 *Mesoplophora japonica*, *Hypochthonius rufulus*, *Hypodamaeus coreanus*, *Flagrosuctobelba naginata*, *Zygoribatula truncata* 등은 야초지에서만 *Epilohmannia* sp., *Carabodes peniculatus*, *Ramusella sengbuschi* 등은 채초지에서만 나타났다.

Rhysotritia ardua, *Nippohermannia parallela*, *Carabodes* sp., *Oppiella nova*, *Scheloribates rigidisetosus* 등은 초지에서만 *Brachychthonius* sp.는 방목지에서만 나타났다. 이처럼 산발적으로 출현한 종들은 비교적 개체수도 적게 나타난 종들이다.

Kates & Runkel(1948)에 의하면 Anoplocephalinae에 속하는 조충류의 중간숙주로서 미국, 독일, 러시아로부터 보고된 날개응애류는 Galumnidae, Scheloribatidae, Carabodidae, Achipteriidae, Pelopsidae, Oribatulidae, Liacaridae 및 Haplozetidae의 8과에 걸치고 있지만 본조사에 있어서는 그 중 Carabodidae의 *Carabodes peniculatus*, *C. sp.*, Oribatulidae의 *Scheloribates laevigatus*, *S. latipes*, *S. rigidisetosus*, Galumnidae의 *Galumna cuneata*, *G. sp.*의 3과 7종의 날개응애류가 검출되었다.

서 등은 1987년에 경남지역 재래축산양의 내부

기생충 조사에서 7.2%가 확장조충에 감염되어 있다고 보고하였는데, 조충류의 중간숙주로 보고된 Oribatulidae의 *Scheloribates laevigatus*, *S. latipes*, *S. rigidisetosus* 3종이 목초지에서 우세종으로 나타나고 있는 것은 관심을 가지게 하는 종들이다.

Table 3. A list of oribatid mites in pasture at the Unbong

Species name	No. of individuals				
	Wild	Gathering	Cattle	Goat	Total
1) <i>Mesoplophora japonica</i>	3				3
2) <i>Rhysotritia ardua</i>	4	6			10
3) <i>Hypochthonius rufulus</i>	2				2
4) <i>Brachychthonius</i> sp.			1	4	5
5) <i>Epilohmannia</i> sp.		1			1
6) <i>Nippohermannia parallela</i>	1	1			2
7) <i>Carabodes peniculatus</i>		1			1
8) <i>C. sp.</i>	6	4			10
9) <i>Tectocephus velatus</i>	63	100	21	21	205
10) <i>Hypogamaeus coreanus</i>	1				1
11) <i>Ramusella sengbuschi</i>		1			1
12) <i>Oppia</i> sp.	10	4	10	9	33
13) <i>Oppiella nova</i>	21	16			37
14) <i>Flagrosuctobelba naginata</i>	2				2
15) <i>Scheloribates laevigatus</i>	98	71	6	6	181
16) <i>S. latipes</i>	154	146	5		305
17) <i>S. rigidisetosus</i>	59	16			75
18) <i>Zygoribatula truncata</i>	2				2
19) <i>Galumna cuneata</i>	3	4	2	2	11
20) <i>G. sp.</i>	2		16	8	26
21) <i>Trichogalumna nipponica</i>	1	17	3	3	24
Total	432	388	64	53	937

날개응애류의 종다양도

목초지에서 날개응애류의 종다양성 차이는 통합된 환경 속에서 일어나는 생태계내의 생물적 구성요소의 안정성과 관련이 있다고 생각된다.

표4는 날개응애류의 종다양도를 나타낸 결과이다. Gunnarsson(1980)의 정의에 의한 날개응애류의 집중도지수는 Fisher의 분산지수를 Gunnarsson이 변형한 것인데 날개응애류의 전 개체수를 한종류로 간주하고 계산하였다. 실제 분산/평균의 값이 1이하이면 분포는 random분포이고 1이상이면 집중분포하는 것인데 평균 4.6692로 고도의 집중분포를 나타내고 있다. 그러나 방목지에서는 random 분포하는 것으로 나타났다.

종다양도는 군집구조를 표현하는 것으로서 높은 종다양도는 같거나 거의 같은 종들이 매우 풍부하게 있는 경우를 말하는데 이는 매우 복잡한 군집을 나타낸다는 것을 의미하며, 여러 종이 이동, 먹이망, 포식관계, 경쟁, 생물적 지분분할 등을 포함한 개체군의 상호작용이 복잡하고 다양하다는 것을 나타낸다. Shannon의 다양도지수와 균등도지수도 야초와 채초지에서 높고, 한우 및 염소방목지에서 낮게 나타났다. 이처럼 방목지에서 다양도지수와 균등도지수가 낮게 나타난 것은 방목지에서는 한우와 염소가 분뇨를 배설하는 영향과 유린으로 날개응애류의 종다양도에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 풍부도지수는 염소 및 한우방목지에서 높고 채초 및 야초지에서 낮게 나타났으며, 우점도지수 또한 야초지에서 낮게 나타났다.

Table 4. Diversity index of oribatid mites in pasture at the Unbong.

Index	Wild	Gathering	Cattle	Goat	Mean
Aggregation	8.4658	8.6846	0.8081	0.7184	4.6692
Shannon	31.1921	24.0043	8.6674	6.7317	17.6488
Evenness	1.8348	1.7145	1.0834	0.9616	1.3985
Richness	0.0370	0.0335	0.1093	0.1132	0.2930
Dominance	0.1993	0.2454	0.2004	0.2169	0.2155

MGP분석

날개응애류는 환경에 매우 민감한 특성을 이용하여 토양의 자연도를 나타내는 지표로 활용되기도 한다(靑木, 1980, 靑木과 原田, 1985).

토양환경의 자연도를 측정하는 지표 중에서 MGP분석방법은 날개응애의 고차분류 방식에 따라 생식문과 항문의 접합 또는 분리 여부에 따라 接門類(Macropylina)와 離門類(Brachypylina)로 분류하고, 이문류(Brachypylina)는 익상돌기의 유무에 따라 다시 無翼類(Gymnonota)와 有翼類(Poronota)로 분리된다. 이를 기초로 한 靑木(1983)의 MGP분석에 의하면 결과는 표5와 같다. 종수백분율에 의한 MGP분석 I의 경우 전체적으로는 GP형으로 나타났는데 목초지에서는 G 또는 GP형 방목지에서는 P형으로 나타났다.

개체수 백분율에 의한 MGP분석 II의 경우 전체적으로는 P형으로 나타났는데 염소방목지만이

G형으로 나타났다. 이와같은 결과는 靑木(1983)의 산림토양 침엽수림지에서는 G군의 종수가 많으며, 고산의 황무지나 초원 등 환경이 좋지 않은 곳에서는 P군의 비율이 높다는 보고로 보아 M군에 비해서 G또는 P군의 비율이 높을수록 좋지 않은 환경에 대해서 적용할 수 있는 저항성을 지닌 표피구조를 가지고 있는 종들이 우점하고 있기 때문인 것으로 생각된다.

Table 5. Comparison with the results of MGP-analysis I and II on the oribatid mites community in pasture at the Unbong.

MGP	Wild	Gathering	Cattle	Goat	Total
I	GP	G	P	P	GP
II	P	P	P	G	P

M : Macropylina, G : Gymnonota, P : Poronota

적 요

운봉지역 목초지의 토양미소절지동물의 분포상을 조사하기 위하여 축산기술연구소 남원지소에서 1998년 6월 24일과 9월 18일 2차례에 걸쳐 염소방목지, 한우방목지, 인공채초지, 자연초지의 4지역을 선정하여 조사를 실시한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

염소 및 한우를 방목하고 있는 지역에서는 톱토기류의 발생비율이 높았고, 인공채초 및 자연초지에서는 응애류의 발생비율이 높았다. 날개응애류는 염소 및 한우 방목지에 비해서 인공채초 및 자연초지에서 종수 및 개체수의 비율이 높았다. 조충류의 중간숙주로 보고된 종으로는 *Carabodes peniculatus*, *C. sp.*, *Schelorbates laevi-gatus*, *S. latipes*, *S. rigidisetosus*, *Galumna cuneata*, *G. sp.*의 7종이 검출되었다. 날개응애의 종다양도는 야초지와 채초지에서 높고 한우 및 염소방목지에서 낮았다. MGP분석 결과 종수백분율은 GP형으로, 개체수백분율은 P형으로 나타났다.

검색어 : 토양미소절지동물, 날개응애, 목초지, 동물상

引用文獻

- 青木淳一, 1962. 全國種畜場放牧地の土壤中より檢出されたササラダニ類の分布について. 衛動. 13:11~15.
- 青木淳一, 栗城源一, 1978. 森林内につくられた道と土壤中の小型節足動物相の變化, 横浜國大環境研紀要 4(1) : 165 ~ 174.
- 青木淳一, 1980. 土壤動物學. 東京. 北隆館. 814pp.
- 青木淳一, 1983. 三つの分類郡の種數および個體數の割合によるササラダニ群集の比較(MGP分析). 横浜國大環境研記要. 10(1): 171 ~ 176.
- 青木淳一, 原田洋, 1985. 環境保全林の形成と土壤動物群集. 横浜國大環境研記要. 12 : 125~135.
- Brockman-Jerosch, H., 1907. Die pflanzengesellschaften der schweizer Alpen. I. Die flora des puschlav (Bernina, Graubunden). Diss. Univ. Zurich Ceipzig, 236S.
- Chiba, S., T. Abe, J. Aoki, G. Imadate, K. Ishikawa, M. Kondoh, M. Shiba & H. Watanabe, 1975. Studies on the productivity of soil animals in Pasoh forest reserve, West Malaysia. I. Seasonal change in the density of soil mesofauna : Acari, Collembola and others. Sci. Rep. Hirosaki Univ. 22(2) : 87 ~ 124.
- 崔星植, 1984. 光陵地域の土壤微小節肢動物相分析에 관한 연구. 圓光大論文集 18 : 185 - 235.
- 崔星植, 權寧立, 1984. 牧草地内の土壤微小節肢動物에 관한 연구. 圓光大學校農大論文集. 7 : 69 ~ 91.
- Crossley, D. A. Jr. & K. K. Bohnsack, 1960. Longterm ecological study in the oak ridgy area, II The oribatid mite fauna in pine litter, Ecology. 41(4) : 628 ~ 638.
- Gunnarsson, B., 1980. Deistribution, abundance and population structure of protura in two woodland soils in suothwestern Sweden. pedobiologia, 20:254~262.
- Ibara, E. L., J. A. Wallwork and J. G. Rodriguez, 1965. Ecological studies of mites found in sheep and cattle pastures. I. Distribution patterns of oribatid mites. Ann, Ent. Soc. Amer., 58:153~159.
- Kates, K. C. & C. E. Runkel, 1948. Observations on oribatid mite vector of *Moniezia expansa* on pastures, with a report of several new vectors from the united states. proc. Helmi. Soc. Wash., 15(1):18~33.
- Margalef, R., 1958. Information theory in Ecology, Gen, Syst., V. III, p. 36~71.
- Margalef, R. 1968. Perspectives in ecology theory. chicago, 111 p.
- Pielou, E. C., 1966. The measurment of diversity in different types of biological collections. J. Theor. Biol. 13 : 131 ~ 144.
- Shannon, C. E., 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois press. pp. 29~125.
- Simpson, E. H., 1949. Measurement of diversity. Nature. 163~688.
- 서명덕, 박수동, 여상건, 김종수, 1987. 경남지방의 재래흑산양에 대한 내부 기생충 조사. 축산진흥연구소보. 14 : 63 ~ 70.
- Wallork, J. A. & J. G. Rodriguez., 1961. Ecological studies on oribatid mites with particular reference to their role as intermediate hosts of Anoplocephalid Cestodes. J. Econ. Entomol. 54(4) : 701 ~ 705.
- Wallwork, J. A. 1971. Distribution patterns and population dynamics of the microarthropods of a desert soil in southern California. J. Anim. Ecol., 41 : 291 ~ 310.
- Wallwork, J. A., 1976. The distribution and diversity of soil fauna. Academic press. 335 pp.
- 渡邊弘之, 1973. 土壤動物の生態と觀察. 築地書館. 146 pp.

(1998년 10월 23일 접수)