

수작업, 기피제처리, 수작업과 기피제 혼합처리에 의한 지렁이 채집효율 비교

배 윤 환 · 나 영 은*

(대전대학교 생명과학과, *농업과학기술원 환경생태과)

Comparison of Efficiencies Among Hand Sorting, Vermifuge Application and Combined Methods for Earthworm Sampling in the Field

Bae, Yoon Hwan and Young Eun Na*

(Department of Life Science, Daejin University, *Department of Environment and Ecology, Natl. Inst. Agric. Technol., RDA)

ABSTRACT

Efficiencies of hand sorting, vermifuge application and combined methods of them for sampling earthworms in the field were compared. ① Hand sorting : sampling unit of soil (50 cm × 50 cm × 30 cm, width × length × depth) was dug out and earthworms were sorted by hands. ② Vermifuge application : Solution of mustard, pepper or formalin was treated onto the soil surface of smpling unit (50 cm × 50 cm, width × length). ③ Combined method : In a sampling unit of soil (50 cm × 50 cm × 30 cm, width × length), hand sorting was carried out into the depth of 10 cm or 15 cm and then vermifuge was treated. Earthworms were collected more in numbers by hand sorting than vermifuge application although it was much more time-consuming and labor intensive. Efficiency of mustard to extract earthworms was as same as formalin but much better than that of pepper. Combined method of hand sorting with mustard treatment was more efficient than vermifuge applications and other combined methods. And it could collect earthworms as many as hand sorting, but was much less time-consuming and labor-intensive than hand sorting. Thus combined method of hand sorting (to the depth of 15 cm) with mustard treatment could be recommended for the sampling of earthworms in the field.

Key words : Earthworm, Sampling efficiency, Hand sorting, Vermifuge

서 론

현대산업사회에서 지렁이는 유기성 폐기물의 재활용, 토양개량, 토양오염에 대한 지표생물로의 역할, 의약 및 화장품원료, 동물사료원 등에 환경친화적으로 이용될 수 있음이 새롭게 인식되고 있다(Edwards and Bohlen 1996). 지렁이의 생물학적 응용을 위해서는 지렁이의 분류, 생태와 같은 기초적 특성이 우선 파악되어야 하며, 이때 기초연구의 시작을 위한 연구대상동물의 채집방법 확립이 필수적이다.

야외에서 지렁이 채집방법으로는 토양의 일정 표본단위를 삼으로 파헤쳐 발견되는 지렁이를 채집하는 수작업법(Hand sorting), 기피제(Vermifuge)를 살포하는 방법, 토양을 체로 거르는 방법, 토양에 전기충격, 진동 또는 열을 가하는 방법, 이상의 방법들 중 두 가지를 혼합하여 채집하는 방법 등이 있다(Baker and Lee 1993). 이중 야외에서 지

렁이 성충을 채집하는 방법으로서 일반적으로는 수작업법이 많이 쓰이고 있으나 채집시간이 많이 들고 노동강도가 높으며 심층종이나 동작이 빠른 종에 대해서는 부적당한 단점이 있다(Zicsi 1962, Axelsson 1971, Callaham Jr. and Handrix 1997). 반면, Formalin, Formaldehyde, Chloroacetophenon 등과 같은 기피제를 사용하는 방법(Raw 1959, Terhivuo 1982, Baker 1985, Gunn 1992, Callaham Jr. and Hendrix 1997)은 수작업에 비해서 채집효율이 떨어지고 환경오염문제를 일으킬 가능성이 있다. 그리고 기피제를 먼저 처리하여 지렁이를 추출하고 동일 채집단위에 수작업하는 혼합처리방법은 수작업이나 기피제를 단독으로 사용하는 경우보다 많은 개체를 채집할 수 있으나 여전히 채집시간과 노동강도의 문제가 있다(Terhivuo 1982, Walther and Snider 1984, Daniel *et al.* 1992).

따라서, 본 연구에서는 상기 방법들의 문제점을 개선할

수 있는 지렁이 채집방법을 개발하고자 수작업 방법과 몇 가지 기피제를 가지고, 이들을 단독으로 적용했을 경우, 토양의 일부 깊이까지는 수작업을 먼저 수행한 후, 기피제를 처리했을 경우(혼합처리)에 채집된 지렁이의 개체수, 생체량 그리고 채집하는데 소요되는 시간을 조사하여 각 방법의 채집효율을 비교하였다.

재료 및 방법

야외에서 지렁이 채집효율비교를 위해 사용된 방법들은 ① 수작업법(hand sorting) ② 기피제(vermifuge) 처리법 ③ 수작업과 기피제 혼합처리법이었으며, 상기 방법들의 추출 효율 조사는 경기도의 수원(목초지), 포천(옥수수 밭), 파주(휴경기) 등지에서 시행하였다.

수작업법은 조사지점에서 조사자 3인 1조가 50 cm × 50 cm × 30 cm (가로 × 세로 × 깊이) 단위의 토양을 삽으로 파내어 흰색 천 위에 놓고 손으로 헤치면서 발견되는 지렁이를 토양 깊이별로 구분하여 채집하였다. 이때 토양 깊이는 0-10 cm, 10-30 cm (수원, 포천), 0-15 cm, 15-30 cm이었다.

기피제 처리법에 사용된 기피제로는 겨자(mustard), 후추(pepper), 포르말린(formalin) 용액을 사용하였다. 겨자와 후추는 시중에 식용으로 유통중인 분말형태의 것으로 겨자용액의 농도는 10 g 겨자/l 물, 후추는 7 g 후추/l 물이었으며, 포르말린은 0.2%의 용액을 사용하였다. 조사지역의 50 cm × 50 cm (0.25 m²) 표본단위면적에 겨자를 박은 후, 각 용액을 단위 면적당 2.5 l씩 30분 동안에 3차례씩 나누어서 부었다. 기피제 처리 후 90분동안 토양표면으로 기어나오는 지렁이를 채집하였다.

수작업과 기피제의 혼합처리법에서는 먼저 50 cm × 50 cm (0.25 m²) 표본단위면적의 깊이 10 cm (수원, 포천) 또는 15 cm (파주)까지는 수작업으로 지렁이를 채집하였고, 수작업후 생긴 구덩이에 상기와 같은 방법으로 기피제를 부어 주었다.

각 조사지역에서 사용된 지렁이 채집법 및 조사일, 반복수 등은 표 1과 같다. 조사현장에서 채집방법별 개체수를 조사하였고, 채집된 지렁이는 실험실로 가져와 증류수로

세척하여 표피에 묻은 이물질을 떼어내고 여과지에서 표피의 수분을 제거한 후 생체량을 측정하였다. 이때 지렁이 소화기관에 있는 소화물질은 고려하지 않았다. 한편, 채집자에게 강한 노동강도를 요구하는 수작업에 소요되는 시간을 채집방법별로 측정하였다.

결과 및 고찰

야외에서 지렁이 채집을 위하여 경기도 수원, 포천, 파주 등지에서 수작업법(hand sorting)과 몇 가지 기피제(vermifuges) 처리법, 그리고 수작업과 기피제 혼합처리법을 적용하여 채집된 지렁이의 개체수 및 생체량을 조사하였다(표 2, 3, 4).

수원의 조사결과(표 2)에서는 수작업법과 겨자나 포르말린과 같은 기피제 처리법간에 통계적 유의차가 없는 것으로 나타났으나, 단위면적당 채집량이 적기는 하지만 대체로 수작업법에서 더 많은 개체를 채집할 수 있었던 것으로 생각된다. 그리고 겨자와 포르말린 두 기피제간 지렁이 추출효율은 개체수에 있어서는 양자간에 큰 차이가 없었고 생체중에 있어서는 겨자가 포르말린보다 높게 나타났다.

Gunn (1992)은 지렁이 채집용 기피제로서 겨자는 지렁이 추출효율이 포르말린보다 우수하고, 포르말린이나 potassium permangate와 같은 유기용매처럼 지렁이를 치사시키거나 식물에 약해를 일으키는 일이 없는 환경친화적인 기

Table 2. Individual number and biomass of earthworms collected by hand sorting, mustard and formalin application in a orchard grass field of Suwon, Kyung-gi province of South Korea in October, 1998

Collecting method	Individuals/0.25 m ² (Mean No. ± S.E.)	Biomass/0.25 m ² (Mean g. ± S.E.)
Hand sorting	3.8 ± 2.22a	3.25 ± 1.592a
Mustard application	2.8 ± 0.66a	4.74 ± 1.450a
Formalin application	2.6 ± 0.93a	1.89 ± 0.552a

In columns, values that are followed by the same letter are not significantly different by Tukey test (P>0.05)

Table 1. Sampling site, sampling date and sampling methods used in the test and replication of each experiment

Sampling site	Suwon	Pocheon	Pajoo
Sampling date	30, October, 1998	10, November, 1998	12, September, 1999
Sampling method	Hand sorting Mustard application Formalin application	Hand sorting H.S. ¹ + Mustard	Hand sorting Mustard application Pepper application Formalin application H.S. + Mustard H.S. + Formalin
Replication	5	10	10

¹ H.S., hand sorting

Efficiencies Among Hand Sorting, Vermifuge Application and Combined Methods for Earthworm Sampling in the Field

Table 3. Individual number and biomass of earthworms collected by hand sorting and combined treatment of hand sorting and mustard application in a harvested maize field of Pocheon, Kyung-gi province of South Korea in November, 1998

Collecting method		Individuals/0.25 m ² (Mean No. ± S.E.)	Biomass/0.25 m ² (Mean g. ± S.E.)
Hand sorting	Total	11.1 ± 3.64a	4.18 ± 1.480a
Hand sorting + Mustard application	by hand sorting	9.4 ± 2.67 (77.7%)	3.73 ± 1.121 (71.2%)
	by mustard	2.7 ± 1.11 (22.3%)	1.51 ± 0.760 (28.8%)
	Total	12.1 ± 3.43a	5.24 ± 1.640a

In columns, values that are followed by the same letter are not significantly different by T-test (P > 0.05)

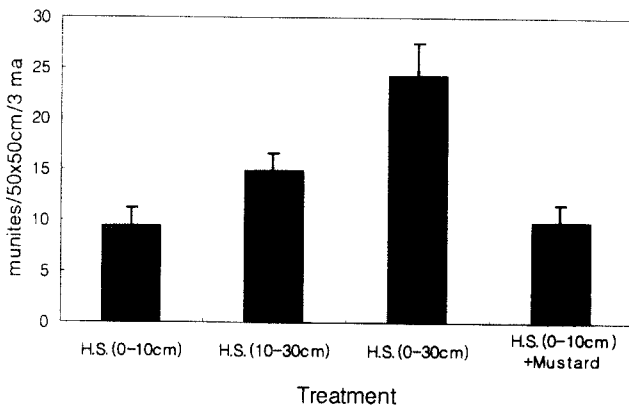


Fig. 1. Comparison of sampling time needed to complete the labor-intensive work i.e. hand digging of soil between hand sorting and combined treatment of hand sorting and mustard in a harvested maize field of Pocheon, Kyung-gi province of South Korea in November, 1998 H.S. stands for hand sorting.

피제라고 보고하였다.

수작업방법이 야외의 지렁이 군집분포나 밀도 조사에서 가장 많이 쓰이고 있으나 (Edwards and Lofty 1977, Lee 1985, Edwards and Bohlen 1996), 이 방법은 채집시간 및 노동강도가 과다하고 심층중이나 동작이 빠른 종의 채집에는 부적당하다는 것이 단점으로 지적되었다 (Callahan and Hendrix 1997).

포천의 조사결과에서 수작업 단일채집법과 '수작업 및 겨자'의 혼합처리법에서 채집된 개체수는 각각 11.1, 12.1 마리, 생체량은 4.18, 5.24 g으로 양자간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다(표 3). 그림 1은 토양깊이 30 cm까지 수작업으로 지렁이를 채집할 때 걸리는 시간을 0-10 cm, 10-30 cm 별로 나누어 조사한 것이다. 0-10 cm까지는 수작업을 하고 이후 겨자를 부어주는 혼합처리법과 비교했을 때 흙을 다루는 시간은 수작업법이 두배 이상 걸리는 것으로 나타났다. 따라서, 혼합처리법에서 겨자용액을 준비해서 처리하고, 추출된 지렁이를 수거하는데 투여된 시간 및 노동력을 감안하더라도 수작업 및 겨자 혼합처리법이 수작업 단독처리법과 유사한 채집효과를 나타내면서 노동시간과 노동강도는 훨씬 효율적으로 줄일 수 있는 것으로 생각된다.

Table 4. Individual number and biomass of earthworms collected by hand sorting, vermifuges, and combined treatment of hand sorting and vermifuges in a fallow land of Pajoo, Kyung-gi province of South Korea in September, 1999

Collecting method	Individuals/0.25 m ² (Mean No. ± S.E.)	Biomass/0.25 m ² (Mean g. ± S.E.)
Hand sorting	6.2 ± 0.61a	7.18 ± 1.183a
Hand sorting + Mustard	6.1 ± 0.66a	7.86 ± 0.870a
Hand sorting + Pepper	4.0 ± 0.49ab	5.18 ± 0.531ab
Hand sorting + Formalin	3.6 ± 0.58b	2.34 ± 0.635bc
Mustard	2.0 ± 0.54bc	2.52 ± 0.948bc
Pepper	1.1 ± 0.23c	0.91 ± 0.304c
Formalin	3.1 ± 0.62bc	4.32 ± 1.289abc

In columns, values that are followed by the same letter are not significantly different by Tukey test (P > 0.05)

다.

표 4는 파주에서 수작업법, 기피제처리법 및 혼합처리법에 의해서 채집된 지렁이 개체수 및 생체량을 나타낸 것이다. 전반적으로 기피제만 처리하는 경우보다는 수작업법과 혼합처리법에서 더 많은 개체수와 생체량을 얻을 수 있었다. 혼합처리법중에서는 수작업후 겨자를 처리하는 방법이 가장 높은 채집효율을 나타내었고 이는 전적으로 수작업에 의존하는 방법과 대등하였다. 후추는 기피제로서 효과를 기대하기가 어려운 것으로 판단된다.

Callahan과 Hendrix (1997)는 산림지에서 수작업방법과 포르말린처리법에 의한 지렁이 채집효율을 비교했을 때, *L. terrestris*를 제외한 종에 대해서는 수작업방법이 포르말린처리법보다 채집효율이 높았으며, 일반적으로 토양의 물리, 화학적 특성이 지렁이 분포나 밀도에 영향을 주기는 하지만, 채집방법들의 채집효율에는 큰 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 한편, 기피제를 처리하여 추출된 지렁이를 수거한 후 다시 수작업을 하는 혼합처리법이 시도되어 그것의 채집효율이 단일 수작업법이나 기피제 처리법보다 우수하였다는 보고가 있었으나 (Terhivuo 1982, Daniel et al. 1992), 기피제 처리후 실시하는 수작업은 토양수분이 많아져 흙이 진흙상태로 되기 때문에 기피제를 처리하지 않고 실시하는 수작업보다 채집시간과 노동강도를 증가시키는

Table 5. Individual number and biomass of earthworms collected by hand sorting and vermifuges in the combined method of them in a fallow land of Pajoo, Kyung-gi province of South Korea in September, 1999

Collecting method	Individuals/0.25 m ² (Mean No. ± S.E.)			Biomass/0.25 m ² (Mean g. ± S.E.)		
	by Hand sorting	by Vermifuge	Efficiency of vermifuge (%) ¹	by Hand sorting	by Vermifuge	Efficiency of vermifuge (%) ²
Hand sorting + Mustard	4.6 ± 0.58	1.5 ± 0.34	24.6	7.00 ± 0.851	0.86 ± 0.292	11.0
Hand sorting + Pepper	3.5 ± 0.48	0.5 ± 0.17	12.5	4.98 ± 0.572	0.20 ± 0.098	3.8
Hand sorting + Formalin	2.5 ± 0.48	1.1 ± 0.28	30.6	1.71 ± 0.526	0.63 ± 0.209	26.7

¹ Individual No. collected by vermifuge / Total No. 100² Biomass collected by vermifuge / Total biomass 100**Table 6.** Vertical distribution of earthworms in each sampling site when earthworms were collected by hand sorting

Sampling site	Soil depth	Individuals/0.25 m ² (Mean No. ± S.E.)	Biomass/0.25 m ² (Mean g. ± S.E.)
Pocheon	0-10 cm	6.5 ± 1.93 (58.6%)	2.17 ± 0.745 (51.9%)
	10-30 cm	4.6 ± 1.93 (41.4%)	2.01 ± 0.945 (48.1%)
Pajoo	0-15 cm	3.9 ± 0.64 (62.9%)	5.04 ± 1.184 (70.2%)
	15-30 cm	2.3 ± 0.56 (37.1%)	2.14 ± 0.688 (29.8%)

단점이 있을 것으로 생각된다. 따라서, 이상 세 조사지역에서 몇가지 채집방법의 지렁이 채집 개체수 및 생체량을 비교한 결과 대체로 '수작업 및 겨자'의 혼합처리방법이 전적으로 수작업이나 기피제에 의존하는 방법, 또는 수작업과 다른 기피제와의 혼합처리방법보다 지렁이 채집효율, 채집시간 및 노동강도 감소, 환경친화성 등에서 효과적인 것으로 판단된다.

지렁이의 수직분포는 종에 따라, 토양의 온도 및 수분에 따라 차이가 있으나 남시지렁이과(Lumbricidae)에 속하는 천층종의 경우 지표로부터 15 cm 이내에 서식하는 것으로 알려져 있다(Edwards and Bohlen 1996). 우리나라의 경우에는 남시지렁이과보다는 지렁이과(Megascolecidae)에 속하는 종들이 대부분인 것으로 알려져 있는데(최 1996), 국내에서 이들의 수직분포에 관해서는 알려진 바가 없다. 그러나 수작업과 기피제의 혼합처리에서 기피제에 의해서 추출된 지렁이의 개체수와 생체량은 전체의 30% 이하로서(표 3, 5) 혼합처리의 경우 거의 대부분의 지렁이는 수작업에 의해서 채집되었음을 보여주고 있어 조사지역의 지렁이의 수직분포는 심층종보다는 천층종이 많은 것으로 생각된다. 그리고 포천과 파주에서 지표면 30 cm까지를 층위별로 수작업을 한 결과, 포천에서는 개체수와 생체량의 60% 이하가 0-10 cm 사이에 서식하고, 파주에서는 개체수와 생체량의 0-15 cm 사이에 60% 이상이 서식하는 것으로 나타났다(표 6). 따라서 '수작업+기피제'의 혼합처리법에서 수작업을 하는 토양깊이는 10 cm 보다는 15 cm가 바람직한 것으로 판단된다.

적 요

야외에서 효율적인 지렁이 채집방법을 개발하기 위해 몇 가지 채집방법들의 채집효율을 비교하였다. 공시된 채집방법들은 ① 단위면적(50 cm × 50 cm)의 토양속 30 cm 깊이까지 파헤쳐 수작업(Hand Sorting)하는 방법, ② 단위면적의 토양표면에 겨자, 포르말린, 후추 등의 기피제 용액을 부어주는 방법, ③ 단위면적 토양속 10-15 cm 까지 수작업 후 기피제를 부어주는 혼합처리방법(수작업+기피제)이었다.

수작업방법이 기피제 용액을 사용하는 경우보다 더 많은 개체수를 채집할 수 있었으나 강도높은 노동력과 많은 노동시간을 요구하였다. 기피제를 토양표면에 적용하는 방법에서는 겨자와 포르말린의 효율이 유사하였고, 후추는 양자에 비해 현저하게 채집효율이 떨어졌다. 수작업 및 겨자 혼합처리가 수작업 및 포르말린이나 수작업 및 후추 혼합처리보다 채집효율이 높았으며, 전적으로 수작업에 의존하는 채집방법과 유사한 개체수를 채집할 수 있으면서, 노동시간이나 노동강도는 현저하게 줄일 수 있었다. 따라서 충분한 양의 겨자용액을 만들 수 있는 물이 공급될 수 있는 야외에서는 지렁이를 채집할 때는 '수작업 및 겨자처리'의 혼합처리방법이 효과적으로 이용될 수 있으며 이때 수작업을 적용하는 토양깊이는 15 cm 정도가 적정할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

- 최성식. 1996. 토양동물학. 원광대학교출판국. p. 488.
- Axelsson, D., U. Gardefore, T. Lohm, O. Persson and O. Tenow. Reliability of estimating standing crop of earthworms by hand sorting. *Pedobiologia* **11** : 338-340.
- Baker, G.H. 1985. Formalin-expulsion of earthworms (Lumbricidae) from Irish peat soils. *Soil Biol. Biochem.* **17** : 113-114.
- Baker, G.H. and K.E. Lee. 1993. Earthworms in "Soil sampling and methods of analysis." Edited by M.R. Carter for Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. pp. 359-371.
- Callaham Jr, M.A. and P.F. Hendrix. 1997. Relative abundance and seasonal activity of earthworms (Lumbricidae and Megascolecidae) as

Efficiencies Among Hand Sorting, Vermifuge Application and Combined Methods for Earthworm Sampling in the Field

- determined by hand-sorting and formalin extraction in forest soils on the southern Appalachian piedmont. *Soil Biol. Biochem.* **29**(3) : 317-321.
- Daniel, O.P. Jager, G. Cuendet and M. Bieri. 1992. Sampling of *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedobiologia* **36** : 213-220.
- Edwards, C.A. and P.J. Bohlen. 1996. Biology and ecology of earthworms. Chapman & Hall. Printed in Great Britain by St Edmundsbury Press, Bury St Edmunds, Suffolk. pp. 196-299.
- Edwards, C.A. and J.R. Lofty. 1977. Biology of earthworms. Chapman & Hall, London.
- Gunn, A. 1992. The use of mustard to estimate earthworm populations. *Pedobiologia* **36** : 65-67.
- Lee, K.E. 1985. Earthworms: Their ecology and relationships with soil and land use. Academic Press, New York.
- Raw, F. 1959. Estimating earthworm populations by using formalin. *Nature* (London) **184** : 1661-1662.
- Terhivuo, J. 1982. Relative efficiency of hand-sorting, formalin application and combination of both methods in extracting Lumbricidae from Finnish soils. *Pedobiologia* **23** : 175-188.
- Walther, P.B. and R.M. Snider. 1984. Techniques for sampling earthworms and cocoons from leaf litter, humus and soil. *Pedobiologia* **27** : 293-297.
- Zicsi, A. 1962. Determination of number and size of sampling unit for estimating lumbricus populations of arable soils. In: Murphy, P.W. (ed.) : Progress in soil Zoology, 68-71, London.