

# Ivermectin이 함유된 우분이 줄지렁이에 미치는 영향

방혜선 · 나영은\* · 김명현 · 한민수 · 이정택

농촌진흥청 농업과학기술원

## Effects of Ivermectin Contained-Cattle Dung on the Development of Earthworm, *Eisenia fetida*

Hea-Son Bang, Young-Eun Na,\* Myung-Hyun Kim, Min-Sun Han, and Jeong-Taek Lee

National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-100, Korea

The effects of faecally excreted ivermectin on the survival and growth of the common Korea earthworm *Eisenia fetida* (Savigny), have been studied in the laboratory. Cow dung was collected 1, 2, 3 and 7 days after ivermectin subcutaneous injection. The mortality of the worms provided with untreated dung was 0% whereas mortality within a week was high as 73.7%, 98.3% in dung which were excreted 1 and 2 days from dosing, respectively. The growth rate of the worms fed dung from 1 day excreted dung from cattle given ivermectin was 75% lower than that recorded on the control. In total number of hatchling earthworm in each treatment, 1 day after treatment produced the lowest compared with untreated control. However, dung from cattle treated with ivermectin did not prevented the rate of hatchling from each cocoon of earthworm. The results show that ivermectin is less toxic to 2<sup>nd</sup> generation of earthworm. We concluded that ivermectin have adverse effects on the survival and growth of *E. fetida* when exposed through dung under laboratory conditions. This results will be discussed in relation to the effects of anthelmintics on non-target organism in our ecosystem.

**Key words :** Earthworm, *Eisenia fetida*, Ivermectin, Mortality, Biological impact

### 서 론

토양동물은 동식물 등의 포식자 및 분해자로서 유기물을 분해하고 영양물질의 재순환에 관여하는 등 생태계에 있어 중요한 구성요소 중의 하나이다. 토양동물 중 지렁이는 유기물 분해, 토양 비옥도 증가, 토양 물리성 개선, 먹이사슬 등 토양에 이로운 역할을 하는 대표적인 생물로 볼 수 있는데, 최근 각종 농약의 사용과 토양의 오염 등으로 인해 그 밀도가 줄어들고 있는 추세이다(Na *et al.*, 2005). 이러한 살충제의 사용은 자연생태계의 구조나 기능에 영향을 미칠 수 있는데, 이들의 사용은 특정한 그룹의 유기체들의 밀도를 떨어뜨리기 위해 사용하지만, 비목적 생물에게도 영향을 미치고 있는데 그 문제의 심각성이 있다(Edward and Brown, 1982). 최근 가축용 구충제로 사용되고 있는 ivermectin은 신경세포간이나 신경세포에서 근육세포로의 신경전달을 억제하는 물질인 GABA( $\gamma$ -aminobutyric acid)의 유리에 영향을 준다(Albers-Schonberg *et al.*, 1981). 즉 곤충류의 신

경종말부에서 GABA의 방출을 증가시켜 신경전달을 방해함으로써 곤충류의 충체를 마비시켜 구충작용을 나타낸다(Campbell *et al.*, 1983). Ivermectin은 광범위한 가축의 내·외부기생충 구충제로 널리 사용되고 있으며, 국내에서 축사의 기생충 구충제로 사용되고 있다(Drummond, 1985; Clark *et al.*, 1992). Ivermectin은 85종의 해충에 대해 독성을 가지는 것으로 보고되고 있으며, 이러한 특성으로 인해 전세계적으로 많이 사용되는 농약 중 하나이다(Campbell, 1985). 하지만, 1987년 Wall과 Strong에 의해 소에 처리된 ivermectin이 우분을 통하여 배출되고 이것은 분을 서식처로 하는 각종 분해성 무척추동물에 독성을 나타내는 것으로 보고된 이후, 영국 등 일부 선진국에서는 ivermectin의 사용을 자제할 것을 국가적인 차원에서 권장하고 있다(Wall and Strong, 1987; Strong, 1992; Strong and Wall, 1994). 하지만, 우리나라에서는 ivermectin이 농업생태계나 분을 서식처로 하는 비표적 생물들에게 어떠한 영향을 미치는지에 대한 정보가 전무한 상태로 농가에서 사용하고 있는 실정이다. 따라서, 본 연구는 ivermectin을 처리한 소로부터 배출된 우분의 경과일수에 따른 독성의 유무와 지렁이 발

접수 : 2006. 10. 25 수리 : 2007. 2. 28  
\*연락처 : Phone: +82312900236,  
E-mail: yena0315@rda.go.kr

육과 산란에 미치는 영향을 조사하였다.

## 결 과

### 재료 및 방법

**실험생물과 실험우분** 본 실험에 사용된 지렁이 종류는 줄지렁이(*Eisenia fetida*)이며 비닐하우스에서 우분을 먹이로 사육되었고 비닐하우스의 크기와 환경 조건은 Na et al. (2000)이 개발한 방법으로 설치되어 20~28°C가 유지되도록 하였다. 사육되는 지렁이 중에서 환대가 형성되어 있고 체중이 300~600 mg인 지렁이를 선별하여 토양배지에 이동시켜 2주 동안 항온실(20±2°C)에서 적응시킨 다음 실험에 사용하였다 (Na et al., 2005).

약제처리는 충남 서산 방목지(37°30'N, 127°00'E: 해발 250 M)에서 사육 중인 소(200-450 kg)에 ivermectin을 두당 250 µg을 주사 투여하였으며, 배출된 우분을 1, 2, 5, 7일 간격으로 수거하여 생물검정을 시도하였다. 시료는 당일 배설된 우분을 배설 직후 1 시간 이내에 채취하여 -70°C에 보관하여 사용하였다.

**실험배지** 실험배지로 사용된 발토양은 작물을 재배하는 발토양(Sand 63%, Silt 18%, Clay 9%)에서 토양을 채취하여 2 mm 체로 선별한 후 증류수를 부어 토양수분 함량이 50%가 되게 만들었고, pH는 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)을 첨가하여 6.0±0.5 범위가 되도록 조절하여 발토양 조제배지를 만들었다.

**구충제의 유해성 평가** 500 ml 플라스틱 용기(15×15×7 cm)에 토양배지 350 g을 넣고, 배출된 날짜에 따른 우분을 100 g 투여한 후 토양배지와 잘 혼합하였다. 줄지렁이 20마리를 투여한 후 플라스틱 필름에 1 cm 간격으로 구멍을 내어 배지의 수분증발을 막으면서 실험생물에 산소가 원활하게 공급되도록 하였다. 지렁이 투여 후 주 1회 지렁이의 무게, 생존을 및 치사율을 조사하였다. 지렁이 무게조사는 줄지렁이를 손으로 토양에서 분리시키고 증류수로 수세한 다음 filter paper로 수분을 제거한 다음 무게를 측정하였으며, 줄지렁이를 토양에서 분리시 움직이지 않는 것은 죽은 것으로 간주하고 치사율을 조사했다. 또, 각 처리구에서 산란된 알집(cocoon)은 붓을 이용하여 따로 분리하여 부화시켰으며, 분리된 알집과 부화된 지렁이수를 이용하여 부화율을 측정하였다.

실험구는 각 처리당 5반복으로 하였으며 20°C에서 6-7주를 사육하였다. 광 조건은 낮과 밤(12:12 hrs)을 구분하여 낮은 600±200 lux을 유지시켜 주었고, 밤은 어둡게 해 주었다. 실험결과에 따른 유의성은 SAS 프로그램의 Scheffe's test를 이용하여 분석하였다.

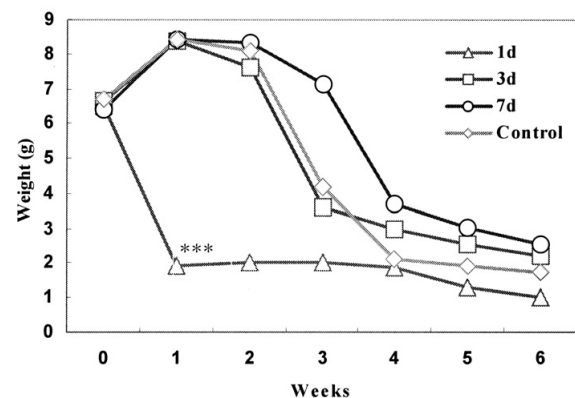
Ivermectin 처리 후 배설된 우분 중 첫째 날과 둘째 날 배설된 우분은 줄지렁이의 생존에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 1). 1, 2일째 배설된 우분을 줄지렁이에 공급하고 1주일 경과한 다음 치사율을 조사한 결과, 각각 73.7%, 98.3%였으며, 특히, 2일째 배설된 우분을 공급하고 2주일이 경과한 다음의 치사율은 100%로 나타나 ivermectin 처리 후 2일째 배설된 우분은 줄지렁이에 있어 급성독성이 있는 것으로 나타났다 (P<0.001). 그러나, 3, 7일째 배설된 우분은 줄지렁이의 치사에 있어 대조우분과 유사한 경향을 나타내어 지렁이 치사에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다 (Table 1).

**Table 1. Mortalities of *E. fetida* after 7 and 14 days exposed to ivermectin treated and untreated dung.**

Dung type and collection time (days)	1 week	2 weeks
Treated : day 1	73.7 ± 20.21 <sup>af</sup>	73.7 ± 20.21 <sup>a</sup>
Treated : day 2	98.3 ± 2.89 <sup>a</sup>	100.0 ± 0.00 <sup>a</sup>
Treated : day 3	3.3 ± 5.77 <sup>b</sup>	3.3 ± 5.77 <sup>b</sup>
Treated : day 7	1.7 ± 2.89 <sup>b</sup>	5.0 ± 5.00 <sup>b</sup>
Untreated : Control	0.0 ± 0.00 <sup>b</sup>	3.3 ± 2.89 <sup>b</sup>

<sup>†</sup> Mean followed by the same letter in column are not significantly different (P < 0.0001; Scheffe's test[SAS Institute 1986]).

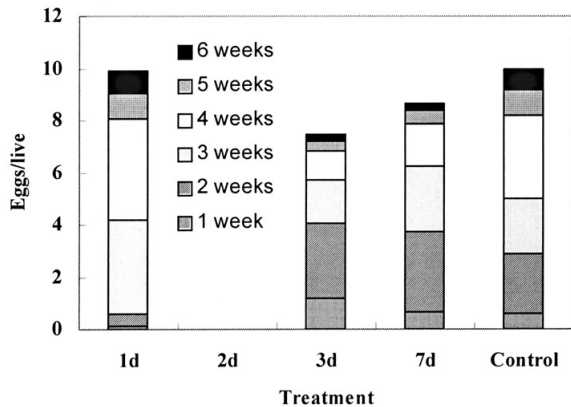
Ivermectin 처리 후 날짜별로 배설된 우분을 줄지렁이에게 공급하고, 무게변화를 1주일 간격으로 6주 동안 조사한 결과, 1일째 우분을 섭취한 줄지렁이의 발육이 대조군에 비해 3-4배 떨어지는 것으로 나타났고, 3, 7일째 우분은 영향을 미치지 않는 것으로 나타났 (Fig. 1).



**Fig. 1. Changes in fresh weight of surviving *Eisenia Fetida* over 6 weeks exposure to ivermectin treated and untreated dung. (P < 0.001; Scheffe's test).**

**Table 2. Total number of hatchling earthworm from ivermectin treated and untreated dung.**

Dung type and collection time (days)	Total number of cocoon	Total number of hatchling earthworm	Rate of hatchling from each cocoon
Treated : day 1	347	942	2.7
Treated : day 2	0	0	0
Treated : day 3	563	1053	1.87
Treated : day 7	728	1704	2.34
Untreated : Control	480	1140	2.38

**Fig. 2. Mean number of cocoons produced by *Eisenia Fetida* 6 weeks in exposure to ivermectin treated and untreated dung.**

또한 6주 동안 산란된 알을 조사한 결과 1일째 우분 처리구에서 대조구에 비해 낮은 산란을 보였고, 7일째 우분은 오히려 대조구 보다 높은 산란을 보였다 (Table 2). 그러나, 줄지렁이 1마리당 산란수는 1일째 우분 처리구와 대조구에 있어 차이를 보이지 않았으며, 1일째 우분 처리구는 3주 경과 후부터 대조구에 비해 개체 1마리당 산란은 상대적으로 높은 것으로 나타났다(Fig. 2). 한편, 각 처리구에서 산란된 난집으로부터 부화하는 줄지렁이를 조사한 결과 1개의 난집에서 부화된 줄지렁이수는 대조와 처리간에 차이를 보이지 않아 ivermectin이 줄지렁이의 2세대 발육에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다 (Table 2).

## 고 찰

지렁이는 초지 생태계에서 우분의 분해와 관련하여 매우 중요한 역할을 하는 동물군 중 하나로 우분의 초기 분해는 소똥구리와 같은 곤충군에 의해서 주로 이루어지고, 7일내지 10일이 경과하면서부터는 대부분의 물리적인 분해가 지렁이에 의해 이루어지는 것으로 보고되고 있다 (Holter, 1979; 1983). 따라서, ivermectin과 같은 구충제가 지렁이와 같은 비표적 생물인 분식성 무척추동물에 영향을 미친다는 것은 초지 생태계 물질분해에 있어 상당한 영향을 미치는 것으로 간주할 수 있다 (Edwards *et al.*, 2001).

위의 결과에서 살펴본 바와 같이 ivermectin 처리

후 1일째 우분에서 줄지렁이 무게의 변화가 대조구에 비해 3-4배 떨어진다. 이러한 결과는 우분 분해과정에 있어 이들의 역할이 상당히 저하 될 수 있다는 것을 의미한다. 지렁이 발육을 저하에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 다른 구충제와 같이 ivermectin이 지렁이 근육이나 신경의 마비를 야기하거나 또는 ivermectin이 함유된 우분의 섭식을 꺼려하게 되어 결과적으로 이러한 원인으로 인해 먹이 섭취량이 줄어들고 또 발육에 영향을 줄 수 있다는 것이다. Ivermectin은 소똥구리를 포함한 분식성 곤충의 산란에 영향을 미치는 것으로 보고되었는데, 이러한 결과는 ivermectin이 곤충의 생식과 배자형성 과정에 관여하기 때문인 것으로 보고된바 있다 (Strong and Brown, 1987; Strong, 1992; Kruger and Scholtz, 1997). 또한, ivermectin이 지렁이의 산란에도 영향을 미치는 것으로 보고되어 왔고, 위의 결과에서도 ivermectin이 높은 농도로 포함되었을 것으로 추정되는 1, 2일째 우분에서 지렁이의 산란에 영향을 미치는 것으로 나타났다 (Cook, 1991; Gunn and Sadd, 1994; Strong, 1992). 하지만, 곤충의 연구결과에서와 같이 어떠한 경로를 통해 지렁이의 산란에 영향을 미치는 지에 대한 관찰은 하지 못해 향후 접근해야할 연구과제로 남아 있다.

한편, ivermectin 처리 후 3, 7일째 배설된 우분은 총 산란수가 대조구보다 높게 나타났는데, 낮은 농도의 ivermectin은 실제로 야외에서 소똥구리 등 분식성 곤충을 유인하는 것으로 관찰되어, 낮은 농도의 ivermectin은 지렁이를 유인할 수 있는 것으로 추정되었다 (Wardhaugh and Mahon, 1991). 따라서, ivermectin 처리 후 경과일수에 따른 우분에서의 농도 분석은 향후 조사되어야 할 것으로 사료된다.

결론적으로, ivermectin을 소에 처리하고 1, 2일째 배설된 우분은 지렁이의 생존율을 0-30%까지 떨어뜨리며, 산란에도 영향을 미쳐 장기적으로 초지 생태계에서의 물질순환에 악영향을 가져올 수 있으므로 ivermectin 처리 후 소의 방목시기를 조절하여 야외에서의 지렁이 군집밀도를 유지하고, 또한 우분을 지렁이 먹이로 공급하는 지렁이 사육장에서는 ivermectin 처리 후 1, 2일째 배설된 우분을 지렁이 먹이로 사용하지 말도록 권장하여야 할 것이다.

## 적 요

가축용 구충제로 사용되어지고 있는 ivermectin이 토양 동물중 대표적인 비표적 생물인 지렁이(*Eisenia fetida*)에 미치는 영향을 조사하였다. Ivermectin 250 µg를 피하주사한 소로부터 배출되는 우분을 1, 2, 3, 7 일째 채취하여 생물검정을 시도한 결과 1, 2일째 배출된 우분은 급성 독성을 나타내어 73.7%와 98.3%의 치사율을 보였다. 또한 발육율에 있어서도 1일째 우분을 섭취한 줄지렁이의 발육이 대조군에 비해 현저히 떨어지는 것으로 나타났고, 전혀 산란을 하지 못했다. Ivermectin 처리후 1, 2 일째 배출된 우분은 지렁이에 있어 급성독성을 나타내고 2세대의 부화율에도 영향을 미치지만, 3일째 이후 배출된 우분에서는 급성 및 만성독성은 나타나지 않았다. 결과적으로, ivermectin을 소에 처리하고 1, 2일째 배설된 우분에는 상당량의 ivermectin이 함유되어 지렁이등과 같은 분해성 비표적 생물의 발육에 영향을 미칠 수 있음이 관찰되어 초지에서 영양물질 순환의 차원에서나 지렁이 먹이로써의 우분에 대한 관리가 요망되는 바이다.

## 인 용 문 헌

- Albers-Schonberg, G., B.H. Arison, J.C. Chabala, A.W. Douglas, P. Eskola, M.H. Fisher, A. Lusi, H. Mrozek, J.L. Smith, and R.L. Tolman. 1981. Avermectins: structure determination. *J. Am. Chem. Soc.* 103:4210-4219.
- Campbell, W.C., M.H. Fisher, E.O. Stapley, G. Albers-Schonberg, and T.A. Jacob. 1983. Ivermectin : a potent new antiparasitic agent. *Science.* 221:823-828.
- Campbell, W.C. 1985. Ivermectin: an update. *Parasit. Today.* 1:10-16.
- Clark, J.N., C.P. Daurio, R.E. Plue, D.H. Wallace, and S.L. Longhofer. 1992. Efficacy of ivermectin and pyrantel pamoate combined in a chewable formulation against heartworm, and ascarid infections in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 53:517-525.
- Cook, D.F. 1991. Ovarian development in females of the Australian blowfly, *Lucilia cuprina* (Diptera: Calliphoridae) fed on sheep faeces and the effects of ivermectin residues. *Bull. Ent. Res.* 81:249-256.
- Drummond R.O. 1985. Effectiveness of ivermectin for control of arthropod pests of livestock. *Southwest Entomol Suppl.* 7:34-42.
- Edward, P.J., and S.M. Brown. 1982. Use of grassland plots to study the effects of pesticides on earthworms. *Pedobiologia.* 24:145-150.
- Edward, C.A., R.M. Atiyeh, and R. Jorg. 2001. Environmental impacts of avermectins. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 171:111-137.
- Gunn, A., and J.W. Sadd. 1994. The effects of ivermectin on the survival, behaviour and cocoon production of the earthworm *Eisenia fetida*. *Pedobiologia.* 38:327-333.
- Holter, P. 1979. Effect of dung beetles (*Aphodius* spp.) and earthworms on the disappearance of cattle dung. *Oikos.* 32:393-402.
- Holter, P. 1983. Effect of earthworms on the disappearance rate of cattle droppings. In: Satchell, J.E.(ed.) *Earthworm ecology.* p. 49-57. Chapman and Hall, London, U.K.
- Kruger, K., and C.H. Scholta. 1997. Lethal and sublethal effects of ivermectin on the dung-breeding beetles *Euoniticellus intermedius* (Reiche) and *Onitis alexis* Kulg (Coleoptera, Scarabaeidae). *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 61:123-131.
- Na, Y.E., H.S. Bang, and M.S. Han. 2005. Asssessment of the effects of some insecticides on mortality of earthworm (*Eisenia fetida*). *Korea J. Environ. Agri.* 24(3):289-294.
- Strong, L., and T.A. Brown, 1987. Avermectin in insect control and biology: a review. *Bull. ent. Res.* 77:357-389.
- Strong, L. 1992. Avermectins: a review of their impact of insects of cattle dung. *Bull. ent. Res.* 82:265-274.
- Strong, L, and R. Wall, 1994. Effects of ivermectin and moxidectin on the insects of cattle dung. *Bull. ent. Res.* 84:403-409.
- Wall, R., and L. Strong, 1987. Environmental consequences of treating cattle with the antiparasitic drug ivermectin. *Nature.* 327(4):418-421.
- Wardhaugh, K.G., and R.J., Mahon. 1991. Avermectin residues in sheep and cattle dung and their effect on dung beetle(Coleoptera: Scarabaeidae) colonisation and dung burial. *Bull. ent. Res.* 81:333-339.