

## 청동방아벌레(*Selatosomus puncticollis* Motschulsky)의 생태적 특성 및 감자포장내 유충밀도 조사법

권 민\* · 박천수 · 이승환<sup>1</sup>

농촌진흥청 고령지농업연구소, <sup>1</sup>서울대학교 농생명공학부 곤충계통분류연구실

### Bionomics and a Larva Sampling Method of Coppery Wireworm, *Selatosomus puncticollis* (Motschulsky), (Coleoptera: Elateridae) in Potato Field

Min Kwon\*, Cheon-Soo Park and Seung-Hwan Lee<sup>1</sup>

Environment Management Div., National Institute of Highland Agriculture, RDA, Pyeongchang, Gangwon 232-955, Republic of Korea

<sup>1</sup>Lab. of Insect Biosystematics, School of Agricultural Biotechnology, Seoul National Univ. 151-742, Republic of Korea

**ABSTRACT :** The occurrence pattern and bionomics of *Selatosomus puncticollis* (Motschulsky) were surveyed in three net house (6 × 70 m) in the field and in a laboratory (20°C, RH75%, L16/D8). Emergence of hibernated adults of *S. puncticollis* started from early May, reached peak at early June and diminished in late June. Occurrence rate to total number was 42.1% in early June and 31.7% in late May, when most of hibernated adults emerged at these periods. Adults started to oviposit from mid June, and eggs hatched from early July. Larvae turned into pupae from mid July and emerged to adults from mid August. Egg-period was 23 days and pupal period was 21 days. It is estimated that preovipositional period and larval period were approximately 10 months and 30 months, respectively. Wireworms were distributed at the soil depth of 10-5 cm, 56.8% in 1997 and 45.8% in 1998. To establish bait techniques to attract wireworms in the soil, six baits: pieces of potato, carrot, and sweet potato, wheat grains, corns, and flour dough wrapped with gauze, were buried at 15 cm of soil depth, and collected after 5 and 10 days. The numbers of wireworms attracted by potato pieces, wheat grains and sweet potato pieces after 10 days were 1.8, 1.6, and 1.4/bait, respectively. Therefore, burying potato pieces at 15 cm of soil depth and collected after 10 days could be recommended as a wireworm baiting technique.

**KEY WORDS :** Potato, *Selatosomus puncticollis* (Motschulsky), Bionomics, Sampling Method

**초 록 :** 청동방아벌레의 발생소장과 생태적 특성을 야외의 망실(6×70 m, 3개동)과 사육실(20°C, RH75%, L16/D8) 내에서 조사하였다. 월동성충은 5월 상순에 발생하기 시작하여 6월 상순에 가장 많이 발생하였으며 6월 하순 이후에는 성충의 발생은 보이지 않았다. 총 마리수에 대한 발생비율은 6월상순과 5월 하순이 각각 42.1%, 31.7%를 차지하여 이 시기에 대부분의 성충이 발생하는 것으로 조사되었다. 산란은 6월 중순부터 시작하였고, 부화는 7월 상순에 시작하였다. 7월 중순에 용화가 시작되어 약 한 달 후인 8월 중순에 성충으로 우화하기 시작하였다. 난기는 23일, 용기는 21일이었으며, 성충의 산란전기는 약 10개월, 유충기는 약 30개월로 추정되었다. 유충은 토양깊이 10-15 cm 사이에서 56.8% (1997)-45.8% (1998)가 분포하였다. 감자포장내 방아벌레 유충의 밀도조사를 위해 6가지 유인미끼(감자조각, 당근조각, 고구마조각, 통밀, 옥수수 알갱이, 밀가루 반죽)를 토양깊이 15 cm에 묻고 5일, 10일 후에 각 미끼별 유인된 마리수를 조사한 결과, 방아벌레 유충을 가장 많이 유인한 미

\*Corresponding author. E-mail: mkwon@rda.go.kr

끼재료는 감자조각으로 10일째 회수 시에 개당 평균 1.8마리가 조사되었고, 통밀, 고구마 조각이 각각 1.6, 1.4마리였다. 따라서 감자포장내의 방아벌레 유충의 밀도조사법으로, 파종을 위한 경우 전에 감자조각을 땅 속 15 cm 깊이에 묻고, 10일후 회수하여 감자 조각에 유인된 유충의 마리 수를 조사하는 것이 효과적이었다.

**검색어** : 감자, 청동방아벌레, 생태, 밀도조사법

토양 중에서 감자(*Solanum tuberosum* L.) 괴경을 직접 가해하는 해충으로는 방아벌레류 유충, 굼벵이류, 거세미나방류 유충이 있다(CIP, 1996). 그 중에서 방아벌레 유충(wireworms)은 땅속에서 감자의 괴경을 파고 들어가 식해하는데 철사로 찢어 놓은 듯한 구멍을 남기므로, 그곳을 통하여 토양병원균이 침입하여 2차적 피해를 주기도 한다. 방아벌레과(Elateridae)의 분류연구는 국내외에서 활발히 이루어져 왔으나, 대부분 종에 대한 생태는 많이 알려져 있지 않다. 우리나라에는 83종이(ESK and KSAE, 1994), 북미지역에는 885종이 알려져 있으며(Arnett, 1985), 그 중에서 감자를 가해하는 종은 전 세계적으로 약 39종이 보고되어 있다(Jansson and Seal, 1994). 호주에서의 우점종인 Potato wireworm (*Hapatesus hirtus* Candeze), 북미에서의 Eastern field wireworm (*Limonius agonus* Say), Wheat wireworm (*Agriotes lineatus* L.), Corn wireworm (*Melanotus communis* Gyllenhal) 등이 감자를 가해하는 주요 방아벌레에 속한다. 그러나 이들의 생활사에 대해 자세히 알려져 있지 않고, 다만 *M. communis*에 대한 생태연구가 비교적 상세히 알려져 있다(Jansson and Seal, 1994).

우리나라 씨감자의 주요 생산지인 해발 800 m 부근의 대관령 지역에서는 1980년대부터 청동방아벌레 (*Selatosomus puncticollis* Motschulsky) 유충에 의한 피해면적과 괴경피해율이 증가하고 있고, 토양살충제 처리 등의 방제노력을 기울이지 않은 감자포장에서는 50% 이상의 괴경피해율이 발생하고 있어 씨감자 생산에 큰 어려움을 겪고 있다(Park et al., 1989). 따라서 파종 전에 해당 포장내 토양 속의 방아벌레 유충의 밀도를 간편하게 파악할 수 있다면, 방제비용의 절감은 물론 살충제 남용에 의한 토양의 오염이라는 문제를 해결할 수가 있을 것이다. 지금까지 식물미끼를 응용한 방법들이 많이 연구되었는데, 실내 choice test를 통해 옥수수를 가해하는 방아벌레들에 대한 미끼로서 옥수수+밀 혼합재료가 유인력이 좋았으며(Apablaza

et al., 1997), 야외실험을 통해 옥수수+밀을 polyethylene 망사로 감싼 것이 높은 유인력을 보였다(Ward and Keaster, 1977). 또한 밀밭의 주요 방아벌레인 *Ctenicera pruinina* 유충에 대해 옥수수+밀을 1:1로 혼합하여 물을 적신 후 polyethylene 망사로 감싼 미끼를 흙속에 파묻고 3주후 회수하는 것이 가장 유인 효과가 좋았다(Toba and Turner, 1983).

본 논문에서는 청동방아벌레의 생태적 특성을 야외와 실내에서 조사하였고, 간편하고 정확한 방아벌레 유충의 밀도조사법을 개발하고자 여러 가지 토양조건 하에서의 6가지 미끼재료를 이용하여 실험한 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 청동방아벌레 발생소장

강원도 평창군 대관령 소재 고려지농업연구소의 씨감자 재배용 망실하우스(폭 6 m, 길이 70 m, 중앙높이 2.5 m) 5동을 이용하여 격년주기(1996, 1998, 2000, 2002년)로 4월 하순부터 7월 상순까지 월동성충의 발생소장을 조사하였다. 감자 파종기부터 월동성충 출현 기간동안 일체의 살충제는 살포하지 않았으며, 망실하우스 천정과 벽에 있는 성충을 매일 오전에 채집하여 분류하였고, 5개 망실의 총마리수를 순별로 계수하였다. 조사를 끝낸 성충은 포장내에 설치한 소형 망실케이지(50×50×50 cm)로 즉시 옮겨서 산란기와 부화기 조사에 이용하였다. 산란여부는 토양표면의 식물체 잔재물이나 포트 주변을 조사하였으며, 산란이 확인된 부위를 중심으로 부화유충의 발생도 조사하였다. 청동방아벌레의 용화기를 파악하기 위하여 종령유충이 땅속에서 토와를 형성하기 시작하는 6월 하순부터 망실하우스의 땅 속을 일주일 간격으로 조사하였다. 토와를 확인한 후 제자리에 넣고 흙을 덮어 주었으며, 그로부터 우화성충의 출현을 일주일 간격으로 조사하였다.

**발육단계별 소요일수**

5월 초순에 망실하우스에서 월동성충을 채집하여 원형 아크릴사육통(Φ 9cm×4cm)에 암수 한 쌍을 넣어 교미시켰다. 모두 20쌍을 실험에 이용하였으며, 교미 확인후 숫컷은 제거하고 암컷만 남겼다. 교미가 끝나면 사육통에 흙을 1cm 정도 깔고 그 위에 암컷 성충의 먹이로 이용하기 위한 감자조각(4×4×1cm)을 얹어 주었다. 감자조각이 마르면 새 것으로 교체해 주었고, 암컷 성충이 산란할 때까지 항온기(20°C, RH 50%)에 두었다. 산란이 확인되면 알 수를 세고 나서 즉시 흙 1cm 두께로 덮고 다시 항온기에 넣어 매일 부화여부를 관찰하여 난기를 조사하였다. 번데기 기간의 조사는 6월 하순에 실험포장의 땅 밑을 조사하여 갓 토와를 형성하려는 유충을 20마리 채집하여 실시하였다. 흙을 3cm 정도 깎아 아크릴사육통에 유충토와를 흙속에 집어 넣고 매일 용화여부를 확인하였으며, 용화된 즉시 항온기에 넣고 우화되기까지의 기간을 조사하였다.

**토양깊이별 유충분포**

방아벌레 유충의 토양내 분포 위치를 알기 위하여 50cm×50cm 면적의 토양을 깊이 20cm까지 파내려 가면서 조사하였다. 토양깊이는 4등분으로 나누어 0-5, 5-10, 10-15, 15-20cm 사이의 흙을 퍼서 눈금 1.0mm 표준체(18호)를 이용하여 유충을 채집하였으며, 총 5곳을 조사하였다. 유충의 분류는 서울대 곤충계통 분류실에 의뢰하여 동정하였다.

**미끼별 유충 유인효과**

실험포장은 2년간 살충제 처리는 하지 않고 계속해서 감자를 재배했던 포장에서 수행하였다. 미끼재료는 감자 조각, 고구마 조각, 당근 조각, 통밀, 옥수수 알갱이, 밀가루 반죽을 실험에 이용하였다. 각 재료의 양은 60±5g으로 하였으며, 감자, 고구마, 당근은 칼로 썬 조각을, 통밀, 옥수수 알갱이, 밀가루 반죽은 한 접의 가제로 썬 것을 이용하였다. 각 미끼 재료당 20개씩을 준비하여 3m×3m 간격으로 유충이 가장 많이 분포하는 깊이인 토양 15cm에 하나씩 묻고 다시 그 흙으로 덮어 주었으며, 5일 후와 10일 후에 각각 10개씩 회수하여 미끼에 유인된 방아벌레 유충의 수를 조사하였다. 처리당 10반복으로 실시하였고, 시험기간 중 일체의 농약과 비료는 살포하지 않았다.

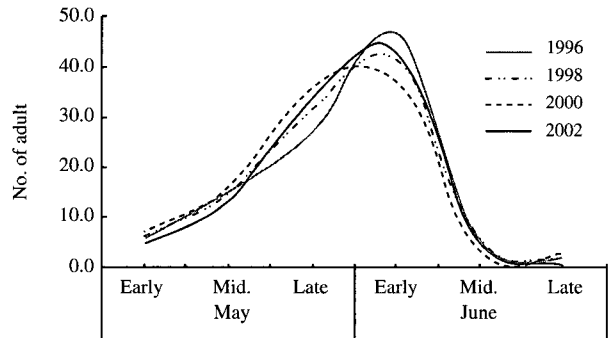


Fig. 1. Seasonal occurrence of *S. puncticollis* adults surveyed in net house from 1996 to 2002.

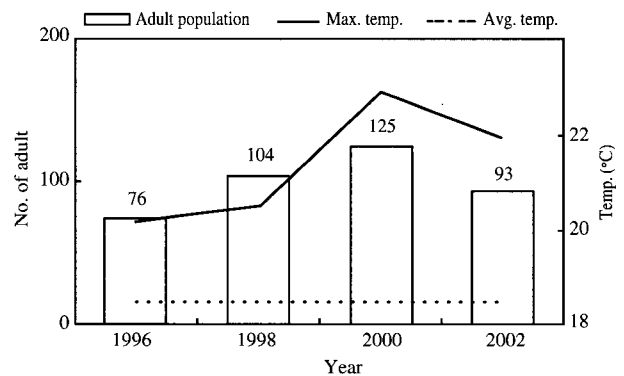


Fig. 2. Relation between temperature conditions and adult population of *S. puncticollis* in net house at Daegwallyeong highland in late May.

**결 과**

**청동방아벌레 발생소장**

월동성충의 출현은 5월 상순부터 시작하여 5월 하순-6월 상순 사이에 최대발생량을 보였다. 6월 중순부터 발생량이 급격히 줄어들어 하순이후부터는 월동성충의 발생은 미미하였다(Fig. 1). 성충 최대출현기인 5월 하순의 성충발생량은 평균기온과는 무관하고 최고기온과 높은 관련성이 있었다(Fig. 2). 대부분 암컷의 산란은 6월 중순에 집중적으로 이루어졌으며, 주로 그늘지고 습기가 많은 토양표면의 식물체 잔재물이나 표토 약 1cm 밑 부분에 하나 혹은 여러 개를 묻쳐서 낳았다. 부화유충은 6월 하순부터 7월 중순 사이에 주로 발생하였다. 청동방아벌레 종령유충은 토와를 만들어 그 속에서 번데기가 되었으며, 완전한 형태의 토와는 7월 상순부터 보이기 시작하였다. 8월 상순부터 우화성충이 발생하기 시작하였고, 번데기에서 갓 탈피한

우화성충의 날개는 하얀 색깔을 띠며 차츰 검은 색을 띠며 경화되었다. 우화성충은 8월 하순이후부터는 나타나지 않았다(Table 1).

**Table 1.** Life cycle of *S. puncticollis* in potato field of Daegwallyeong highland in 1996~2002

Stage	May		June			July			August	
	L <sup>a</sup>		E	M	L	E	M	L	E	M
Egg				○	○	○				
Larva	◇		◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇
Pupa						□	□	□		
Adult	◎		◎	◎	◎				◎	◎

<sup>a</sup> E = early; M = mid; L = late.

**발육단계별 소요일수**

항온기(20°C, RH 50%) 조건하에서의 난기간은 평균 23일이었으며, 토와내의 번데기는 평균 21일이 지난 후 성충으로 우화하였다(Table 2).

**Table 2.** Developmental period (day ± SD) for each stages of *S. puncticollis*

Egg <sup>a</sup>	Larva <sup>b</sup>	Pupa	Preoviposition
22.7 ± 1.69 days	≈ 30 months	21.0 ± 1.81 days	≈ 10 months

<sup>a</sup> Twenty pairs (♀/♂) were reared in the acryl container (Φ 9 cm × 4 cm) separately in a growth chamber (20°C, RH 50%).

<sup>b</sup> Estimated figure based on the report of *M. fortunei* (Murayama, 1986).

**토양깊이별 유충 분포**

토양깊이 0-20cm까지 손으로 파내려 가면서 방아벌레 유충의 수를 조사한 결과, 1997년에는 총 37마리 중에서 56.8%가 10-15cm 깊이에서, 24.3%가 5-10cm 부근에서 채집되었으며, 1998년에는 총 59마리 중에서 각각 45.8%와 28.8%가 채집되었다(Table 3). 종동정 결과 94.8%가 청동방아벌레(*Selatosomus puncticollis*) 유충이었고 나머지는 빗살방아벌레(*Melanotus legatus*) 유충이었다.

**미끼별 유충 유인효과**

미끼별로 유인된 마리 수를 조사한 결과 5일 후 조사에서는 고구마조각, 감자조각, 통밀이 미끼당 0.8-1.0마리를 유인하였으나, 총 유인 수에 있어서 43마리로

**Table 3.** Vertical distribution of larvae of *S. puncticollis* and *M. legatus* by soil depths in potato field at Daegwallyeong highland

Soil depth (cm)	Trial in 1997		Trial in 1998	
	No. of larvae <sup>a</sup>	Distribution, %	No. of larvae	Distribution, %
0-5	2	5.4	4	6.8
5-10	9	24.3	17	28.8
10-15	21	56.8	27	45.8
15-20	5	13.5	11	18.6
Total	37	100	59	100

<sup>a</sup> Sum of 5 places.

**Table 4.** Numbers of larvae of *S. puncticollis* and *M. legatus* attracted by six baits for five and ten days buried in the soil

Kind of baits	No. of wireworms (M ± SD) <sup>a</sup>	
	After 5 days	After 10 days
Potato piece	0.8 ± 0.42ab <sup>b</sup>	1.8 ± 0.63a
Carrot piece	0.7 ± 0.48ab	1.1 ± 0.32b
Sweetpotato piece	1.0 ± 0.47a	1.4 ± 0.52ab
Wheat grains	0.8 ± 0.42ab	1.6 ± 0.52a
Corn grains	0.4 ± 0.52b	1.0 ± 0.47b
Flour dough	0.6 ± 0.52ab	1.0 ± 0.47b

<sup>a</sup> Average of 10 replicates per bait

<sup>b</sup> Means followed by a small letter within a column are not significantly different at the 5% level (Duncan's multiple range test).

10일 후의 79마리보다 유의하게 적었다. 미끼를 묻고 10일 후 회수하여 유충 수를 조사한 결과 감자조각이 미끼당 평균 1.8마리로 나타났고, 통밀과 고구마 조각이 각각 1.6, 1.4마리였다(Table 4). 그렇지만 10일 후 조사에서 감자조각 미끼를 제외한 재료들은 실용상 문제점이 노출되었다. 즉, 파종기를 즈음한 봄철의 지온상승 때문에 당근조각, 고구마조각, 밀가루 반죽은 부패가 많이 진행된 상태였고, 통밀과 옥수수 알갱이 미끼는 발근과 발아가 왕성하게 진행되어 미끼를 다시 회수하기가 어려웠다.

**고 찰**

우리나라에 분포하는 83종의 방아벌레 가운데 감자를 가해하는 우점종은 청동방아벌레(*S. puncticollis*)로 알려져 있지만 아직 이에 대한 생태연구는 국내외적으로 거의 없으므로, 본 연구결과는 청동방아벌레 생태에 대한 처음 보고로서 의미를 가진다. 다만 Park *et al.* (1989)은 대관령지역에서 발생하는 방아벌레의 종

류와 방제법을 조사하여, 유아등 채집결과 성충은 14 종이었고 감자포장내 유충은 95% 이상이 청동방아벌레라고 보고하였다. 방아벌레 가운데 전세계적으로 감자를 가해하는 주요한 종으로는 *Melanotus communis*, *M. fortunei*, *Limonius agonus*, *Agriotes lineatus* 등이며, 이들에 대한 생태 연구는 많이 이루어졌다(Murayama, 1986; Jansson and Seal, 1994). 그러나 이들 종은 우리나라에는 모두 분포하지 않는다. 본 실험 결과 우리나라의 씨감자 주생산지인 대관령 일대에서 청동방아벌레 월동성충의 출현은 지온이 상승하기 시작하는 5월 상순부터 본격적으로 시작하였다(Fig. 1). 5월 하순의 성충발생량은 최고기온과 밀접한 관련이 있었는데(Fig. 2), 최고기온은 지온 상승의 직접적인 원인이 되므로 향후 지온과 월동성충 발생량간의 상관성 구명 실험이 이루어져야 할 것이다.

청동방아벌레 암컷성충은 6월 중순에 주로 그늘지고 습기가 많은 토양표면의 식물체 잔재물이나 표토 약 1 cm 밑 부분에 하나 혹은 여러 개를 뭉쳐서 산란하였다. 이에 비해 미국 플로리다주의 우점종인 *M. communis*는 산란이 밤에 이루어지며, 알은 대부분 무더기로 낳으며 단독적으로 낳은 경우는 매우 드물다고 하였다(Jansson and Seal, 1994). 그러나 일본의 우점종인 *M. fortunei*의 경우는 맑은 날과 따뜻한 기온을 좋아하며 토양 중에 알을 하나씩 낳는다고 하였다(Murayama, 1986). 청동방아벌레 알이 부화하여 부화 유충이 보이기 시작하는 시기는 6월 하순부터 7월 중순 사이였고(Table 1), 번데기 기간은 항온기(20°C, RH 50%) 조건하에서 21일 정도였다(Table 2). 종령유충은 토와를 만들어 그 속에서 번데기가 되었으며, 완전한 형태의 토와는 7월 상순부터 보이기 시작하였다. 물론 부화유충이 그 해에 바로 종령유충이 되는 것은 아니고, 2년 이상의 유충기를 거친 후 7월 상순경 번데기 토와를 형성하는 것으로 추측된다. *M. fortunei*의 경우 땅속에서 2년을 보낸 유충은 7-8월에 번데기가 되는데, 번데기 기간은 9-12일이었다(Murayama, 1986). 따라서 청동방아벌레의 유충기간에 대한 장기간에 걸친 추가실험이 수행되어야 완전한 생활사가 파악될 것이다.

방아벌레 유충은 토양 습도와 온도에 민감해서, 파종기에 접어들어 토양온도가 상승하고 강우 등에 의해 토양습도가 증가하는 봄철에는 땅 속 깊은 부위에서 월동하던 유충이 점차 토양 표면 가까이로 수직 이동한다. 따라서 파종직전기에는 표면에서 15 cm 까

지의 깊이에서 많이 보이지만(Table 3), 파종이 끝난 가을부터 월동에 들어가는 겨울까지는 15cm 부근이나 그 이하로 내려가서 활동하고 월동하는 것으로 보인다. 옥수수 밭의 *Melanotus* spp. 유충은 토양온도가 12-22°C 정도인 토심 0-15 cm 부근에서 가장 많이 존재한다는 보고도 있지만(Fisher et al., 1975), 유충의 종과 재배작물이 다르고 또한 토양온도를 감안하지 않은 결과이기에 직접적으로 비교하기에는 무리가 있는 것으로 생각된다. 다만 방아벌레 유충의 토양 중 이동은 토양온도, 토양습도 그리고 먹이의 종류에 따라 좌우되므로(Lafrance, 1968) 이들을 종합한 분포조사가 정밀하게 뒤따라야 할 것이다.

감자는 지하피경을 영양번식시켜 씨감자를 얻고 있기 때문에, 토양중 각종의 병해충의 방제를 소홀히 할 경우 씨감자의 질이 떨어져 후대에서의 적정량의 씨감자 확보에 지장을 준다. 효과적인 방제를 위한 토양내 방아벌레 유충의 밀도를 사전조사하기 위해 일정 면적내의 토양표본을 모두 직접 조사하는 방법을 이전에는 주로 이용했는데, 이 방법은 소면적에서는 정확한 밀도추정을 할 수 있는 장점이 있으나, 시간과 노력이 많이 들고 넓은 면적의 조사에는 적합하지 않은 단점이 있다. 각종 작물의 재료를 이용한 방법이 1970년대 말까지는 유충을 미끼로 유인하여 유인된 유충을 미끼와 함께 제거하는 일종의 방제법의 일환으로 실시되었지만(Thomas, 1940), 그 이후에 간편하고 효과적인 방법으로 포장내 밀도를 추정하여 경제적 피해 허용 밀도와 약제방제의 시기 결정에 응용하고 있다(Apablaza et al., 1997; Bynum and Archer, 1987).

각종 미끼를 이용한 유충 유인실험 결과 5일째 조사에서는 고구마가 다른 것들에 비해 유인력이 좋았으나, 전체적으로 볼 때 유인된 마리 수가 43마리로 10일째 조사시의 79마리에 비해 적었으므로(Table 4), 10일째 조사를 기준으로 미끼들에 대한 평가를 해 보았다. 감자조각과 통밀의 유인효과가 10일째에 회수했을 때 미끼당 각각 1.8 및 1.6 마리로 가장 좋았지만, 실제 실용상 통밀의 경우 파묻고 10일 후에 조사했을 때 발아와 발근으로 인해 미끼를 고스란히 회수하는데 어려움이 있었다. 나머지 미끼들의 유인효과도 낮다고는 할 수 없겠지만, 당근조각, 고구마 조각, 밀가루 반죽은 토양중 부패가 많이 진행되어 회수에 문제가 있었다. 이는 파종기를 즈음한 토양 온도의 상승 때문에 파생되는 문제인 것 같았으며, 옥수수 알갱이의 경

우도 통밀처럼 발아가 문제되었다. 비슷한 실험으로 고구마 포장에서의 *Conoderus* spp. 유충 밀도조사를 위해서는 옥수수+밀 혼합재료를 땅 속 0-10 cm 부근에 묻고 1주후 회수하는 것이 효과적이었다(Seal *et al.*, 1992).

Toba and Turner (1981)는 씨감자 파종후 잎이 출현하기 시작하는 4~6주 후에 다시 씨감자를 파 보아 유인된 *Ctenicera pruinina* 유충의 수를 조사하고, 또 그 씨감자의 두둑에 속한 흙속의 유충 수를 조사한 결과 일반적으로 씨감자와 흙에 존재하는 유충수가 약 2.5:1의 비율로 존재한다는 것을 보고하였다. 그렇지만 이는 재배중인 감자를 파서 씨감자 절편에 유인된 유충수를 계수한다는 측면에서, 실제 농민들 입장에서 파종전 사전밀도 조사를 통한 파종직전 살충제 처리를 선호하므로 적용에는 무리가 있으나, 미끼에 유인된 마리 수를 가지고 해당 포장내에 존재하는 유충밀도를 추정할 경우에는 참고가 될 수 있을 것이다. 앞으로 이런 미끼유인법을 이용한 일정면적내의 방아벌레 유충의 밀도를 표본조사한 결과와 실제 포장에서의 감자 수확시 방아벌레 유충에 의한 괴경 피해율과의 상관관계를 구하여, 이를 바탕으로 경제적 피해 허용 마리 수를 추정한다면, 포장에 따른 그리고 연도에 따른 유충 밀도의 변동을 고려하지 않는 현재의 관행적인 토양 살충제의 처리를 재고해 볼 수 있는 자료를 제공할 수가 있을 것이다.

### Literature Cited

- Apablaza, J.U., A.J. Keaster, and R.H. Ward. 1977. Orientation of corn-infesting species of wireworms toward baits in the laboratory. *Environ. Entomol.* 6: 715-718.
- Arnett, R.H., Jr. 1985. American insects: A handbook of the insects of America north of Mexico. 850 pp. Van Nostrand Reinhold Co., NY.
- Bynum, E.D. Jr. and T.L. Archer. 1987. Wireworm (Coleoptera: Elateridae) sampling for semiarid cropping systems. *J. Econ. Entomol.* 80: 164-168.
- CIP. 1996. Major Potato Diseases, Insects, and Nematodes(ed.). 109 pp. International Potato Center (CIP), Lima, Peru.
- ESK and KSAE. 1994. Check list of insects from Korea. 744 pp. Entomological Society of Korea and Korean Society of Applied Entomology, Kon-Kuk University Press, Seoul.
- Fisher, J.R., A.J. Keaster and M.L. Fairchild. 1975. Seasonal vertical movement of wireworm larvae in Missouri: Influence of soil temperature on the genera *Melanotus* Escholtz and *Conoderus* Escholtz. *Annals of the Environ. Soc. of Ame.* 68: 1071-1073.
- Jansson, R.K. and D.R. Seal. 1994. Biology and management of wireworms on potato. pp. 31-53. *In Advances in Potato Pest Biology and Management*, eds. by G.W. Zehnder, M.L. Powelson, R.K. Jansson and K.V. Raman. 655 pp. American Phytopathological Society Press, Minnesota.
- Lafrance, J. 1968. The seasonal movements of wireworms (Coleoptera: Elateridae) in relation to soil moisture and temperature in the organic soils of southwestern Quebec. *Can. Entomol.* 100: 801-807.
- Murayama, T. 1986. Insects attacking potato and its control. 69 pp. Hokkaido Starch Industry Association, Hokkaido.
- Park, C.S., Y.I. Hahm, S.R. Cheong and S.H. Lee. 1989. On the kinds, occurrence and chemical control of wireworms collected in Daekwallyong, Korea. *The Research Report of RDA (Crop Protection)*, 31: 34-37.
- Seal, D.R., R.B. Chalfant and M.R. Hall. 1992. Effectiveness of different seed baits and baiting methods for wireworms (Coleoptera: Elateridae) in sweetpotato. *Environ. Entomol.* 21: 957-963.
- Thomas, C.A. 1940. The biology and control of wireworms. *Pacific Agric. Exp. Stn. Bull.* 392: 1-90.
- Toba, H.H. and J.E. Turner. 1981. Seed piece Examination: A method for sampling wireworms on potatoes. *J. Econ. Entomol.* 74: 718-720.
- Toba, H.H. and J.E. Turner. 1983. Evaluation of baiting techniques for sampling wireworms (Coleoptera: Elateridae) infesting wheat in Washington. *J. Econ. Entomol.* 76: 850-855.
- Ward, R.H. and A.J. Keaster. 1977. Wireworm baiting: Use of solar energy to enhance early detection of *Melanotus depressus*, *M. verberans*, and *Aelus mellillus* in midwest cornfields. *J. Econ. Entomol.* 70: 403-406.

(Received for publication 23 July 2004;  
accepted 3 September 2004)