

토양 수분함량이 큰검정풍뎅이의 卵 및 유충의 생존에 미치는 영향

Effects of Soil Moisture on Survival of Larger Black Chafer (*Holotrichia morosa* Waterhouse) Eggs and Larvae

김기황¹
Ki Whang Kim¹

ABSTRACT Laboratory experiments were conducted to examine the effects of soil moisture on the survival of the larger black chafer(*Holotrichia morosa* Waterhouse) eggs and larvae. Survival rates of eggs and 1st, 2nd, and 3rd instar larvae were all above 79% at soil moisture of 15% and 25% in sandy loam and clay loam soil, but decreased considerably at 5% and 35%. At these extreme moistures there seem to be differences in survival rates of eggs and larvae between soil textures. Egg development was delayed as soil moisture approached to the lower limit for survival. Older eggs were tolerant to the high moisture stress(33-36%, clay loam soil), and duration of the stress affected egg development. Feeding of 3rd instar larvae was obviously suppressed at the higher level of soil moisture.

KEY WORDS *Holotrichia morosa*, soil moisture, survival rate

초 록 토양수분함량과 큰검정풍뎅이의 밀도 변화와의 관계를 파악하는데 필요한 기초 자료를 얻기 위해 토양수분함량이 큰검정풍뎅이의 난과 유충의 생존에 미치는 영향을 조사하였다. 사양토와 식양토의 수분함량 15%와 25%에서는 난과 1, 2, 3령 유충 모두 79% 이상의 생존율을 보였으나 5%와 35%에서는 현저히 떨어졌다. 이 극한 수분함량에서는 토성에 따라 난과 유충의 생존율에 차이가 있는 것으로 보였다. 큰검정풍뎅이의 난은 생존할 수 있는 낮은 수분함량의 한계에 가까워질수록 발육기간이 길어졌다. 식양토에서 33-36%의 높은 수분함량에 난을 일정 기간 처리했을 때 배자 발육이 진행된 난일수록 잘 견뎠고 처리기간이 길어짐에 따라서 全卵期間이 길어졌다. 또한 높은 토양수분함량에서는 3령 유충의 섭식 활동이 뚜렷이 억제되었다.

검 색 어 큰검정풍뎅이, 토양수분함량, 생존율

큰검정풍뎅이는 중요한 인삼 해충의 하나로 유충이 땅속에서 인삼의 뿌리를 식해하는데 일단 피해가 발생된 후에는 다른 풍뎅이류와 마찬가지로 방제가 어려워 발생의 사전 예방이 중요하다. 이들은 대부분 주위의 풀밭에서 서식하며 그중 일부가 인삼 포장으로 날아와 산란하여 발생하므로 인접 지역의 큰검정풍뎅이 개체군 밀도는 이들의 포장 내 발생과 어느정도 관련이 있을 것으로 생각된다. 풍뎅이류의 시간적, 공간적 밀도 변

화에는 토양수분함량이 중요한 요인의 하나라고 이미 기술되었고(Fidler 1936a, Dumbleton 1942, Gray et al. 1947, Hawley 1949, Raw 1951, Shorey et al. 1960, Maelzer 1961) 풍뎅이류의 난이나 유충의 생존에 미치는 영향이 보고되었는데(Ludwig 1936, Davidson & Roberts 1968, Davidson et al. 1972, Regniere et al. 1981, Potter 1983, Potter & Gordon 1984) 이러한 토양수분함량의 영향은 풍뎅이류의 종에 따라 차이가 있는 것으로 언급되고 있다(Fidler 1936b, Cherry 1984). 따라서 본 연구에서는 토양수분함량이 큰검정풍뎅이의 난과

¹ 한국인삼연구소(Korea Ginseng & Tobacco Research Institute)

유충의 생존에 미치는 영향을 실내 실험을 통해 조사하여 강우 양식이나 지형 등에 따른 토양수분함량 변화와 야외 개체군 밀도와와의 관계를 파악하는데 필요한 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

난, 유충 및 토양

직경 26 cm, 높이 16 cm의 플라스틱 pot에 성충을 20쌍씩 넣고 벚나무잎을 먹이로 주면서 5~6일 정도 흙을 넣지 않고 산란을 억제시켰다가 10메쉬 체로 쳐서 소독한 황토를 넣어 일제히 산란시켜 얻었으며, 다수의 난을 수집할 때는 10메쉬와 20메쉬 체를 포개놓고 그 위에 산란된 흙을 부어 흙과 알을 분리하였다. 모든 령기의 유충은 실내 사육 개체를 이용하였으며 시험에 이용된 토양의 粒度 분석은 比重計法에 의하였는데 사토, 미사, 점토의 비율이 식양토는 27.9%, 43.1%, 29.0%, 양토는 43.8%, 40.1%, 16.1%, 사양토는 71.5%, 22.0%, 6.5%였다.

토양수분함량에 따른 난에서 2령충까지의 생존율

직경 18 cm, 높이 10 cm의 플라스틱 pot에 10메쉬 체로 쳐 소독한 양토를 10%, 20%, 30%의 수분함량(건조기에 의한 건조량에 대한 비율)으로 하여 넣고 먹이로 벚나무잎을 잘게 썰어 넣어 주고 뿌리를 제공하기 위해 바랭이 유묘를 6본씩 심어준 후 산란 후 3일 경과된 난을 8립씩 2cm 깊이에 접종하고 비닐랩을 덮은 다음 무게를 달아 8일 간격으로 줄어든 무게만큼 물을 보충하여 주면서 25 ± 1.5 °C에서 25일간 5반복으로 사육하였다.

수분함량에 따른 齡期 및 토성별 생존율

각 령에 달한지 1일 이내의 난 및 유충을 수분함량 5%, 15%, 25%, 35%의 식양토와 사양토에 접종하고 25°C의 항온 하에서 11일간의 생존율을 조사하였다. 난은 직경 8.5 cm의 플라스틱 사레에 10개씩 2반복으로, 1령충은 직경 11 cm, 높

이 8 cm의 플라스틱 pot에 6마리씩 4반복으로 2령충은 직경 13 cm, 높이 6.5 cm의 icecream cup에 6마리씩 4반복으로, 3령충은 직경 18 cm, 높이 10 cm의 플라스틱 pot에 5마리씩 4반복으로 처리하였으며 미부화난은 수분함량 20% 내외의 식양토로 옮겨 25°C에서 10일간 보존하면서 생사를 확인하였다. 먹이로는 1, 2, 3령충 각각에 벚나무 생엽 조각을 2g, 4g, 6g씩 넣어 주었고 수분 증발을 막기위해 비닐랩을 씌웠다.

낮은 토양수분함량이 난의 생존에 미치는 영향

사양토와 식양토를 동량으로 혼합하여 20메쉬의 체로 쳐 수분함량을 3~18%로 하여 직경 8.5 cm의 플라스틱 사레에 놓고 산란 직후의 난을 10립씩 3반복으로 접종하여 25 ± 1.5°C에서 사육하면서 부화율과 난기간을 조사하였다.

높은 토양수분함량에 대한 일정 기간의 처리가 난의 생존에 미치는 영향

식양토를 10메쉬의 체로 쳐 직경 11 cm, 높이 8 cm의 플라스틱 pot에 넣어 수분함량 36~39%를 유지시키면서 산란 후 1일, 3일, 5일, 7일 경과된 난을 접종한 다음 25 ± 1°C에서 각각 1일, 2일, 3일, 4일, 5일간 처리한 후 수분함량 20% 내외의 식양토로 옮겨 25°C에서 사육하면서 생존수를 조사하였다. 실험은 10립씩 3반복으로 하였다.

토양수분함량이 3령 유충의 섭식에 미치는 영향

사양토와 식양토를 동량으로 혼합하여 5메쉬의 체로 친후 직경 18 cm, 높이 10 cm의 플라스틱 pot에 넣어 수분함량을 포장용수량의 60% (15.2%)와 90% (22.7%)가 되도록 한 후 인삼 2년근을 동체 부분만 남기고 정리하여 35분씩 무게를 달아 pot에 심어주고 큰검정풍뎀이 3령충을 3cm 깊이로 밀도를 달리하여 1, 2, 3, 4마리씩 접종한 후 피해 주수 및 줄어든 무게를 조사하여 수분함량에 따른 섭식량을 비교하였으며 3반복으로 처리하였다.

Table 1. Survival of *H. morosa* from eggs to 2nd instar larvae in different soil moistures

Soil moisture(%)	Survival ^a (%)	Percentage of 2nd instar larvae to total number of larvae survived
10	87.50 ± 8.84 a	69.16 ± 14.20
20	95.00 ± 11.18 a	46.00 ± 25.96
30	70.00 ± 6.85 b	30.67 ± 27.64

^a Survival rates were calculated 24 days after 3-day old eggs were introduced.

^b Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level(Duncan's multiple range test).

결과 및 고찰

토양수분함량에 따라 큰검정풍뎅이의 생육에 차이가 있는지를 확인하기 위해 토양수분함량을 달리하여 난에서 2령충까지 사육한 결과 (표 1) 사육이 끝날 때까지의 생존율은 수분함량 20%에서 95%로 가장 높고 수분함량 30%에서 70%로 가장 낮았으며 생존충 중 전 충수에 대한 2령충의 비율로 발육속도를 비교하였을 때 수분함량 10%에서 69.2%로 가장 빨랐고 30%에서 30.7%로 가장 늦었다.

이러한 토양수분함량이 생존율에 미치는 영향을 卵과 1, 2, 3령 유충 그리고 사양토와 식양토로 구분하여 조사한 결과 (표 2) 수분함량 15%와 25%에서는 충태나 령기, 토성에 관계없이 높은 생존율을 보여 적정 수분함량 범위로 추정되며 5%와 35%에서는 현저히 떨어졌는데 토성에 따라 차이가 있어 5%에서는 식양토에서, 35%에

서는 사양토에서 생존율이 더욱 떨어지는 경향을 보였다. *Popillia japonica*에서 난이 생존할 수 없는 한계로 사토나 양토에서 3% 이하, 식토에서 9% 이하이며 높은 수분함량에서는 사질이 많을수록 생존율이 떨어진다고 하여 토성에 따른 차이가 보고된 바 있는데 (Regniere et al. 1981) 이러한 것들로 미루어 아주 높거나 낮은 極限 수분함량에서는 생존율이 토성 간에 차이가 있는 것이 아닌가 생각된다. 령기별로는 1령충이 2, 3령충에 비해 극한 수분함량에 더욱 약한 경향을 보였다.

그림 1은 낮은 토양수분함량 조건이 큰검정풍뎅이 난의 생존에 미치는 영향을 조사한 것으로 난이 생존할 수 있는 낮은 한계는 수분함량 3~6%에 있는 것으로 보이며 발육 기간은 수분함량이 이 수준에 가까워질수록 길어졌는데 Potter와 Gordon(1984)에 의하면 *Cyclocephala immaculata* 난의 발육 기간은 본 조사 결과와 같은 경향을 보인다고 하였으나 생존할 수 있는 최저 수분함량은 10.3~12.3%라고 하였는데 토성이 동일

Table 2. Survival (%) of *H. morosa* eggs and larvae in different soil moistures and textures^a

Soil moisture (%)	Soil texture ^b	Egg	1st instar	2nd instar	3rd instar
5	SL	20.00 ± 14.14	0	16.67 ± 13.61	25.00 ± 10.00
	CL	0	0	4.17 ± 8.34	0
15	SL	95.00 ± 7.07	91.67 ± 9.62	95.83 ± 8.34	80.00 ± 28.28
	CL	90.00 ± 0.00	79.17 ± 15.96	95.83 ± 8.34	85.00 ± 19.15
25	SL	80.00 ± 0.00	87.50 ± 8.34	83.33 ± 23.57	90.00 ± 11.55
	CL	80.00 ± 14.14	87.50 ± 25.00	95.83 ± 8.34	90.00 ± 11.55
35	SL	0	0	0	0
	CL	0	0	4.17 ± 8.34	10.00 ± 11.55

^a Eggs and larvae were reared in the given soil conditions for 11 days.

^b SL : sandy loam, CL : clay loam.

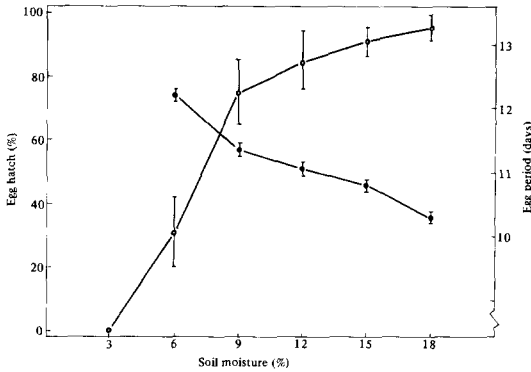


Fig. 1. Effects of low soil moisture on survival and development of *H. morosa* eggs at 25°C. Vertical brackets represent range for percentages and standard error of mean.
—○— : rates of egg hatch, —●— : egg period.

하지 않으므로 서로 비교할 수 없었다.

이와는 반대로 높은 수분함량 조건에 대한 일정 기간의 처리가 큰검정풍뎀이 난의 생존에 미치는 영향을 조사한 결과(그림 2) 산란 후 오래된, 즉 배자 발육이 진행된 난이 과습 상태에 대한 저항력이 커서 생존율이 높았으나 全卵期間은 길어졌으며 처리기간이 길어짐에 따라 생존율에는 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나 全卵期間은 또한 현저히 길어졌다.

표 3은 토양수분함량이 포장용수량의 60%와 90%인 토양에서 큰검정풍뎀이 3령충의 인삼 2년근 섭취량을 비교할 결과이다. 포장용수량의 90%에서는 처리기간(10일)이 지난 후 부분적으로 부패하여 감소된 무게를 측정할 수 없었는데

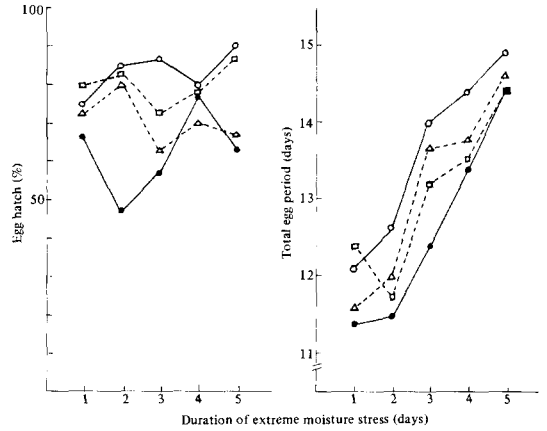


Fig. 2. Effect of high (36-39% moisture in clay loam soil) on survival and development of *H. morosa* eggs at 25°C.
—●— : 1-day old, —△— : 3-day old, —□— : 5-day old, —○— : 7-day old.

두 수분함량에서 부패되지 않은 피해근의 무게를 측정하였을 때 뚜렷한 차이를 보이지 않아 피해근수로 섭취량을 비교하였다. 포장용수량의 90%에서는 60%에 비하여 피해근수가 현저히 적었으며 유충의 밀도가 증가할수록 인삼근 하나하나의 무게 변화로 조사된 1마리당 섭취량은 감소하는 경향을 보였는데 처리 기간 중 치사충수는 90%에서 총 30마리 중 1마리로 이러한 섭취량의 감소가 유충의 치사에 의한 것이 아님을 알 수 있었다. 따라서 토양이 과습한 상태에서는 유충의 섭취활동이 저해되는 것으로 생각되는데 이러한 경향은 *Popillia japonica*에서도 보고된 바 있다(Ladd & Buriff 1979).

지금까지의 결과로 미루어 토양수분함량은

Table 3. Soil moisture vs feeding of *H. morosa* 3rd instar larvae

Soil moisture (% field capacity)	No. 3rd instar larvae infested/pot	No. roots damaged /larva/day ^a	Wet weight eaten /larva/day (mg)
60	1	0.86 ± 0.15	133.70 ± 20.20
	2	0.76 ± 0.52	146.30 ± 10.38
	3	0.61 ± 0.52	98.57 ± 7.71
	4	0.66 ± 0.02	72.80 ± 13.06
90	1	0.65 ± 0.12	—
	2	0.57 ± 0.09	—
	3	0.53 ± 0.04	—
	4	0.54 ± 0.09	—

^a Thirty-five ginseng roots (2-year old) per pot were transplanted and recovered 10 days after infestation of the larvae.

큰검정풍뎡이의 난과 유충의 생존 및 유충의 섭식활동에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이외에 토양수분함량은 성충의 산란에도 영향을 미치고 있어(Potter 1983, Kim 1989) 토양수분함량의 주요 결정 요인인 강우량이나 강우시기, 강우 양식, 지형등을 포함하는 어떠한 수학적 모델이 개발될 경우 야외 개체군의 시간적, 공간적 밀도 변화의 파악 뿐만 아니라 국지적인 발생 장소나 발생 정도의 예측에 활용될 수 있을 것으로 보인다. 또한 인삼 포장에 있어서는 日覆 이나 敷草 라는 특수한 재배 방식으로 인해 경사지에서의 가뭄으로 인한 건조보다는 장마로 인한 배수가 불량한 평지나 저지대에서의 과습의 기회가 많을 것으로 보이며 이러한 과습은 큰검정풍뎡이의 산란이나 생존에 영향을 미쳐 발생의 중요한 억제 요인으로 작용할 가능성이 있는데 Kim 등(1988)이 큰검정풍뎡이의 피해가 주로 경사지나 구릉지에서 발생하였다고 한 것도 이와 관련이 있는 것이 아닌가 생각된다.

인 용 문 헌

Cherry, R. H. 1984. Flooding to control the grub *Ligyris subtropicus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Florida sugarcane. J. Econ. Entomol. 77 : 254~257.
 Davidson, R. L. & R. J. Roberts. 1968. Influence of plants, manure and soil moisture on survival and liveweight gain of two scarabaeid larvae. Ent. Exp. Appl. 11 : 305~314.
 Davidson, R. L., J. R. Wiseman & V. J. Wolfe. 1972. Environmental stress in the pasture scarab *Sericesthis nigrolineata* Boisd. II. Effects of soil moisture and temperature on survival of first-instar larvae. J. Appl. Ecol. 8 : 799~806.
 Dumbleton, L. J. 1942. The grass grub (*Odontria zealandica* White): a review of the problem in New Zealand. N. Z. J. Sci. Technol. 23 : 305~321.
 Fidler, J. H. 1936a. Some notes on the biology and economics of some British chafers. Ann. Appl. Biol. 23 : 409~427.
 Fidler, J. H. 1936b. An investigation into the relation

between chafer larvae and the physical factors of their soil habitat. J. Anim. Ecol. 5 : 333~347.
 Gray, R. A. H., W. V. Peet & J. P. Rogerson. 1947. Observations on the chafer grub problem in the Lake District. Bull. Ent. Res. 37 : 455~468.
 Hawley, I. M. 1949. The effect of summer rainfall on Japanese beetle populations. J. N. Y. Entomol. Soc. 57 : 167~176.
 Kim, K. W. 1989. Oviposition preference of the larger black chafer(*Holotrichia morosa* Waterhouse) damaging ginseng plants. Korean J. Ginseng Sci. 13 : 174~177(In Korean with English summary).
 Kim, K. W., S. S. Kim & S. H. Ohh. 1988. Survey of damages of *Panax ginseng* due to larvae of *Holotrichia morosa* and *Holotrichia diomphalia*. Korean J. Ginseng Sci. 12 : 47~52(In Korean with English summary).
 Ladd, T. L. & C. R. Buriff. 1979. Japanese beetle: influence of larval feeding on blue grass yields at two levels of soil moisture. J. Econ. Entomol. 72 : 311~314.
 Ludwig, D. 1936. The effect of desiccation on survival and metamorphosis of the Japanese beetle(*Popillia japonica* Newman). Physiol. Zool. 9 : 27~42.
 Maelzer, D. A. 1961. The effect of temperature and moisture on the immature stages of *Aphodius tasmaniae* Hope (Scarabaeidae) in the lower south-east of South Australia. Austr. J. Zool. 9 : 173~202.
 Potter, D. A. 1983. Effect of soil moisture on oviposition, water absorption, and survival of southern masked chafer(Coleoptera: Scarabaeidae) eggs. Environ. Entomol. 12 : 1223~1227.
 Potter, D. A. & F. C. Gordon. 1984. Susceptibility of *Cyctiocephala immaculata* (Coleoptera: Scarabaeidae) eggs and immatures to heat and drought in turf grass. Environ. Entomol. 13 : 794~799.
 Raw, F. 1951. The ecology of the garden chafer, *Phyllopertha horticola*(L.) with preliminary observations on control measures. Bull. Ent. Res. 42 : 605~646.
 Regniere, J., R. L. Rabb & R. E. Stinner. 1981. *Popillia japonica*: effect of soil moisture and texture on survival and development of eggs and first instar grubs. Environ. Entomol. 10 : 654~660.
 Shorey, H. H., R. H. Burrage & G. G. Gyrisco. 1960. The relationship between several environmental factors and the density of European chafer larvae in permanent pasture sod. Ecology 41 : 253~258.

(1990년 9월 22일 접수)