

콩 생식생장단계별 툽다리개미허리노린재 (*Riptortus clavatus*) 흡즙에 의한 콩 종실 피해

정진교^{1*} · 윤종탁¹ · 임대준² · 박종호² · 김육한¹

¹작물과학원, 경기도 수원시 서둔동 209, ²농업과학기술원, 경기도 수원시 서둔동 249

Soybean Seed Injury by the Bean Bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae) at Reproductive Stage of Soybean (*Glycine max* Linnaeus)

Jin Kyo Jung^{1*}, Jong-Tag Youn¹, Dae Joon Im², Jong Ho Park² and Uk Han Kim¹

¹National Institute of Crop Science, 209 Seodun-dong, Suwon 441-857, Rep. Korea

²National Institute of Agricultural Science and Technology, 249 Seodun-dong, Suwon 441-851, Rep. Korea

ABSTRACT : Soybean seed injury was analyzed in the experiments that soybean pods were allowed to be sucked by adults of the bean bug, *R. clavatus*, and were picked with a specimen pin. While attack by the bean bug at podding stage of soybean caused the increase of empty pods and completely undeveloped seeds, attack at full seed stage caused the increase of seeds with distinct injury mark on seed-coat. The ratio of deformed seed was lower than those of injury-marked seed and undeveloped seed when attacked during all stages. Injury at full bloom stage hardly produced injury-marked seeds and deformed seeds. When the injured seeds were dyed with acid-fuchsine solution, stylet sheaths of *R. clavatus* formed on seed-coat were observed in 83% of undeveloped seeds formed under attack during podding stage and in 91% of injury-marked seeds formed during full seed stage. In pods injured with a specimen pin at full seed and full maturity stages, no healthy seeds could be obtained from the pods. And the more picked at full seed stage, the more deformed seeds were produced and the higher weight reduction of injury-marked seed occurred. However, pin-injury at full maturity stage didn't give rise to weight reduction of seeds.

KEY WORDS : *Riptortus clavatus*, Soybean, Reproductive stages, Seed injury, Needling

초 록 : 콩 생식생장 단계별로 툽다리개미허리노린재를 접종하거나, 칩으로 꼬투리를 치르는 인위적 가해를 통해 콩 종자 피해를 조사하였다. 착엽기에 툽다리개미허리노린재 성충을 섭식시켰을 때, 빈 꼬투리와 종자로 전혀 발육하지 못한 관형종자의 생성비율이 종실비대성기에서의 가해보다 높은 것이 관찰되었다. 종실비대성기에 섭식시켰을 때는 종자모양은 거의 정상적이거나 종피에 피해흔적이 뚜렷한 종자 수가 유의적으로 증가하였다. 종자모양이 많이 변형되거나 불완전하게 성숙한 기형종자의 비율은 처리 사이에 차이가 없었고 다른 종자형태들에 비해 상대적으로 낮은 비율을 차지하였다. 착엽시 피해에서 생성된 관 종자의 83%, 종실비대성기에 생성된 피해흔적이 있는 종자의 91%에서 종자 표면 위에 실험곤충의 빨대피막이 관찰되었다. 개화기 섭식은 피해종자 생성에 거의 영향을 주지 않았다. 종실비대성기와 성숙기에 칩을 이용하여 콩 꼬투리를 찢어 물리적인 가해를 하였을 때, 수확기에 건전한 종자들을 발견할 수 없었고, 피해흔적이 있는 종자의 비율이 기형종자 보다 많았다. 종실비대성기에 칩으로 찢은 회수가 많은 경우 관형종자와 기형종자의 비율이 증가하였고, 피해흔적 종자 비율은 상대적으로 감소하였는데 무게감소 비율은 적게 찢은 경우 보다 상대적으로 컸다. 그러나 성숙기 인위적 가해에서는 수확종자의 무게감소가 나타나지 않았다.

검색어 : 툽다리개미허리노린재, 콩, 생식생장기, 종실피해, 칩가해

*Corresponding author. E-mail: lugens@hanmail.net

1990년대 후반부터 국내에서 노린재류 해충의 밀도가 증가하여 특히 콩을 비롯한 농작물의 수량감소와 품질저하 등과 같은 피해가 심각하게 대두되고 있다. 국내 콩 밭에서는 수종의 노린재 종들이 관찰되는데(Son *et al.*, 2000), 이들 중 특히 툽다리개미허리노린재(*Riptortus clavatus* (Thunberg))가 각지에 걸쳐 분포하는 종으로 몇 해 전부터 그 발생량이 크게 증가하여 콩 수확량 감소에 크게 영향을 미치는 것으로 인식되고 있다(Jung *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 1997). 노린재류에 의한 콩 꼬투리 피해는 외형적으로는 종자가 기형으로 되거나 아예 발달하지 못하고, 혹은 종자 표면에 뚜렷한 섭식흔적을 남기는데, 질적으로는 종자 내 단백질과 지질 조성이 변하고, 발아력이 떨어지게 한다(Todd and Herzog, 1980). 때로는 노린재에 의해 흡즙된 자리를 통해 종자가 미생물들에 의해 2차로 감염되기도 한다(Russin *et al.*, 1988). 툽다리개미허리노린재는 다른 노린재 종류와 마찬가지로 주둥이를 꼬투리 안으로 찔러 넣은 후 소화액을 분비하여 발육하고 있는 종자의 내용물을 슬러지화시키고 이를 구강 내 펌프를 이용하여 소화관 안으로 빨아드리는 방식으로 섭식한다고 추정되는데(Miles, 1972), 이 흡즙행동의 결과가 콩 종자피해로 나타난다. 노린재류 가해에 의한 피해는 개화 후 종자가 성숙할 때까지 영양분이 전류되고 집적되는 콩의 생식성장 단계에 따라 다를 것으로 추측되는데, 이에 관련하여 툽다리개미허리노린재와 가로줄노린재, 남쪽 풀색노린재가 콩의 착엽기와 종실비대시에 가해할 경우 종자피해가 심하거나, 수확량 감소를 더 초래한다는 보고들이 있다(Boethel *et al.*, 2000; Kono, 1989).

그러나 이들 연구보고들은 콩 생육단계별 노린재 흡즙에 의한 피해에 대해 정량적이고 정성적인 해석이 불분명하여, 현재 국내에서 콩 포장에 높은 밀도로 발생되고 있는 노린재류를 경제적으로 관리하기 위해 필요한 의사결정 자료로 활용하기 어려운 점이 제기되고 있다. 따라서 본 연구에서는 콩의 생식성장 단계별로 툽다리개미허리노린재 가해에 의한 꼬투리와 종실의 피해현상을 정밀하게 조사 분석하여 피해현상에 대해 명확하게 규정하고, 툽다리개미허리노린재를 종합적으로 관리하는데 필요한 기초적인 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험곤충과 콩

콩 성장기간 동안 콩 포장에서 수시로 채집한 툽다리개

미허리노린재 성충 및 약충들을 Jung and Im(2003)의 방법을 약간 변형하여 곤충사육실(25℃, 광주조건 16L:8D, 상대습도 60%)에서 콩 종자와 유묘를 공급하면서 누대사육하였다. 접충에 이용된 성충은 우화 후 10일 이내의 곤충을 사용하였고, 암컷과 수컷의 교미여부는 구별하지 않았다.

2002년(6월 25일과 7월 2일 파종)에는 장류콩 중 태광콩, 대원콩, 신팔달콩2호, 황금콩의 4품종을, 2003년(6월 13일 파종)에는 첫해 실험에서 가장 변이가 적었던 태광콩을 포트에 파종하여 이용하였다. 개화기 바로 전에 포트에 망사봉투를 씌워 다른 해충의 침입을 방지하였고 비닐온실에서 관리하였는데, 환경조건은 따로 조절하지 않았다. 콩 발육단계는 Fehr *et al.*(1971)의 분류방식에 기초하고 우리말 용어는 농업과학기술연구조사분석기준(RDA, 2003)에 따라 개화시(R1: Beginning bloom), 개화성기(R2: Full bloom), 착엽시(R3: Beginning pod), 착엽성기(R4: Full pod), 종실비대시(R5: Beginning seed), 종실비대성기(R6: Full seed), 생리적성숙기(R7: Beginning maturity), 성숙기(R8: Full maturity)의 8단계로 구분하였다.

실험곤충 접종과 인위적 가해

첫 해 실험에서는 R3과 R6단계에 각각 암수 성충 2쌍씩을 8일간 접종하였다. 실험곤충을 접종하지 않은 대조구와 R6단계에는 2반복, R3단계에는 3반복으로 처리하였다. 다음 해에는 콩의 R2, R4, R6, R8 단계에서 성충 암수 2쌍을 8일간 각각 접종하였고 4반복으로 처리하였다. 실험곤충을 제거할 때는 사망한 곤충 수를 기록하여 접종 당시 콩의 발육단계별로 실험곤충의 사망률로 표시하였다.

툽다리개미허리노린재가 가해할 때 생성되는 물리적 피해를 추정하기 위해, 지름 480 μ m의 곤충 표본침으로 콩의 한 식물체 내에서 일부 꼬투리(5~10개)를 각 종자방에 대해 R4단계에서는 5번, R6과 R8단계에서는 1번과 3번 찌른 다음 수확기에 종자피해를 조사하였다. 꼬투리를 침으로 찌를 때는 침이 꼬투리를 통과하지 않을 정도로 하여 깊이는 임의로 처리하였다. 이용된 식물체 수는 처리별로 R4단계에서 4개, R6과 R8단계에서 3개였다.

피해조사

피해조사는 콩 성숙기 말에 포트의 식물체를 줄기와 함께 수확하여 모든 꼬투리와 종실의 피해를 조사하였는

데, 피해기준은 꼬투리에 대해서는 각 꼬투리별로 1~4개 사이의 종자방 수를 셈하고, 종자방 안에 전혀 발육하지 못한 종자가 있는 방을 빈 종자방으로 규정하여 종자방이 모두 찬 꼬투리, 종자방이 모두 빈 꼬투리, 종자방이 부분적으로 빈 꼬투리의 수를 세었다. 종자에 대해서는 Kono(1989)의 것을 변형하여, 피해흔적이 없는 정상인 종자를 A형, 모양은 거의 정상이나 표면에 흡즙흔적이 뚜렷한 종자를 B형, 수확이 될 정도의 크기이나 모양이 기형이거나 미숙한 종자를 C형, 빈 종자방에 있는 전혀 발육하지 못해 수확될 수 없는 종자를 D형 종자(Table 1)로 분류하였다.

첫째 실험에서 피해종자들을 품종에 관계없이 피해 형태별로 합쳐 phenol:lactic acid:중류수:glycerin=1:1:1:2 부피비 혼합물에 충분한 양의 acid fuchsin이 첨가하여 만든 용액(Bowling, 1979)으로 염색하여 종자별로 표면에 응고된 톱다리개미허리노린재의 빨대피막(stylet sheath) 수를 조사하였다. 빨대피막은 종자를 약 20분 염색액에 담근 후 흐르는 물로 씻어내고 해부현미경 혹은 육안으로 관찰하였다.

결 과

톱다리개미허리노린재 흡즙에 의한 콩 생식생장 단계별 피해

1차년도 실험에 사용된 4가지 콩 품종들에서 3가지 품종들은 R3 단계에 실험곤충이 접종되어 수확기에 얻어진 전체 꼬투리 수가 대조구보다 약간씩 더 많았고, 대원콩의 경우는 거의 비슷한 수준이었다(Table 2). R6 단계에서 가해를 받은 것들은 대조구보다 많거나 적은 편으로 경향을 찾기는 어려웠다. 수확된 종자수는 R3 단계에서 가해를 받은 것들이 약간 적은 편이었다. 수확된 종자들의 전체 무게는 R3 단계에서 가해를 받은 것들이 더 적은 편이었고, R6 단계의 것들은 대원콩을 제외한 세 품종에서 대조구와 유사한 편이었다. 한 종자당 단위무게는 대원콩을 제외한 세 품종에서 R3 단계에서 피해를 입었던 콩의 무게가 더 무거웠고 R6 단계의 것들에서는 경향을 찾기 어려웠다. 단 각 품종 내 각 처리 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었는데 이는 반복수가 적은 때문으로 추정되었다.

Table 1. Injury type of soybean pod and seed sucked by *Riptortus clavatus*

Injury type		Injury description
Pod	CE pod	Completely empty pod
	PE pod	Partially empty pod
Seed	A seed	Healthy, non-injury, completely normal shape, harvested
	B seed	Almost completely normal shape, but distinct injury marks, harvested
	C seed	Completely deformed shape or immature seed, harvested
	D seed	Completely immature and undeveloped seed, unharvested

Table 2. Number and weight (mean±standard error) of pod and seed in plants injured by the bean bug, *R. clavatus* during the reproductive stage of four soybean varieties

	Hwanggeumkong			Simpaldalkong 2			Taegwangkong			Daewonkong		
	Untreatment	R3	R6	Untreatment	R3	R6	Untreatment	R3	R6	Untreatment	R3	R6
Total pod No.	30.0±1.0	33.7±1.5	37.0±7.0	45.0±0.0	49.3±7.5	41.5±3.5	37.0±7.0	44.3±9.9	39.5±3.5	34.5±5.5	34.3±5.0	29.0±2.0
Total seed No.	60.0±3.0	53.7±2.4	62.0±0.0	94.5±7.5	80.7±5.2	86.5±5.5	74.5±14.5	54.7±2.3	78.5±5.5	69.0±13.0	55.0±5.1	57.0±6.0
Total seed weight	16.5±0.3	15.3±0.4	16.8±2.4	19.6±0.9	18.4±0.7	19.2±1.4	17.2±1.4	15.0±0.2	17.8±0.8	19.2±2.5	15.4±1.4	15.4±1.9
Unit seed weight	276±19.0	286.5±18.9	271.0±38.6	207.5±6.5	230.4±19.7	221.8±2.6	236.5±27.2	275.0±9.60	227.2±5.3	282.2±17.2	281.8±24.1	269.1±4.9

* All means were not statistically different among treatments in each variety by ANOVA test ($\alpha=0.05$).

그러나 모든 품종들의 결과를 합쳐 빈꼬투리와 피해 받은 종자 비율을 비교하였을 때, 종자방이 모두 빈 꼬투리의 비율은 R3 단계 접종에서의 결과가 대조구와 R6 단계의 것들보다 통계적으로 유의하게 높았다(Table 3). 종자방이 부분적으로 빈 꼬투리 비율도 R3 단계의 가해에서 대조구보다 더 많이 생성되었고 R6 단계에 비해 더 높은 경향이였다. 이렇게 협신장초기 빈꼬투리 비율이 증가하는 것은 수확되지 않는 D형 종자 비율이 현저히 증가하는 것으로 결과하였다. 그러나 R6 단계에서의 가해는 D형이나 C형 종자보다 B형 종자의 비율이 가장 높았다.

툽다리개미허리노린재가 섭식할 때 종자 표면위에 남기는 빨대피막을 관찰하였을 때, R3 단계 가해에서 생성된 D형 종자의 약 83%에서 빨대피막이 뚜렷하게 관찰되었다(Table 4). 이에 비해 C형 종자에서는 1/3정도에서만 빨대피막이 관찰되었고, B형 종자에서는 경우 약 66%의 종자에서 빨대피막이 관찰되었다. R6 단계에서는 D형 종자의 47%에서 빨대피막이 관찰되었으나 C형 및 B형 종자에서는 관찰된 빨대피막 보유 종자가 약 63%와 91%로 D형 종자보다 더 많았다. 한편 D형 종자 한 개에 형성된 빨대피막 수는 약 1.5개 정도였고, C형 종자는 1~5개 사이, B형 종자의 경우 2~3개 사이로 통계적 유의성은 없었다.

콩의 생식생장기를 더 세분하여 실험곤충을 접종하여 관찰한 2차 접종실험에서, 각 처리단계별 얻어진 꼬투리 수에서는 R4 단계에서 실험곤충이 접종된 콩의 꼬투리 수가 가장 많았고, R2 단계의 것이 가장 적었다(Table 5). 수확된 전체 종자 수에서는 통계적인 유의차는 없었으나 R4 단계의 것이 가장 적었고, 수확된 종자의 전체무게에서도 R4 단계에 가해를 받은 식물체 종자들의 무게가 다른 단계의 것들보다 약간 작은 편이었다. 종자방이 모두 빈 꼬투리 비율은 R4 단계에서의 접종에서 현저히 높았고, 종자방이 부분적으로 빈 꼬투리 비율도 R4 단계에서의 접종결과가 다른 단계들보다 높은 편이었다. 정상적인 종자로 발육하지 못한 D형 종자의 비율은 R4 단계의 것이 현저히 높았고, R2 단계의 것이 가장 낮았다. 수확되는 종자형태 중 C형 종자가 생성되는 비율은 모든 접종단계에서 대체적으로 낮은 편이었는데, 그 중 R6 단계에서 가장 높은 비율로 형성되었고 R2 단계의 것이 가장 낮았다. C형 종자의 비율은 처리 간에 유의한 차이는 없었으나 R6 단계의 것이 가장 높았고, B형 종자의 비율은 R6과 R8 단계의 것들이 현저하게 높았다.

접종실험에서 R2 단계에 접종된 곤충들은 모두 사망하였고, R8 단계에 접종된 것들은 모두 생존하였는데 콩의 생리적 성숙이 진행됨에 따라 접종된 곤충이 더 잘 생존하는 경향을 보였다(Fig. 1).

Table 3. Relative ratio (means±standard error) of empty pod and injured seed in soybean sucked by *R. clavatus*

Injury type	Treatment		
	Untreatment	Soybean reproductive stage	
		R3	R6
Ratio (%) of injured pods and flat seeds in the pods			
CE pod	0.7±0.5b*	14.3±3.5a	2.8±1.7b
PE pod	7.1±1.8b	21.8±3.6a	11.9±3.4ab
D seed	3.9±1.0b	26.0±4.6a	7.8±3.0b
Ratio (%) of injured seeds in harvested seeds			
C seed	0.7±0.4a	0.8±0.3a	1.3±0.5a
B seed	1.0±0.5b	13.9±4.5a	24.3±4.5a

* Means among treatments were compared among treatments by t-test (α=0.05).

Table 4. Observation of stylet sheath of *R. clavatus* formed on soybean seed surface

Stylet sheath observation	Treated Soybean stage	Seed injury types		
		D	C	B
Seeds containing stylet sheaths (%)	R3	82.8	33.3	65.6
	R6	47.2	62.5	91.0
Stylet sheath No. per seed		1.5±0.7a*	2.4±1.8a	2.2±1.8a

* Means were compared among seed injury types by t-test (α=0.05).

Table 5. Number and ratio (mean±standard error) of pod and seed in soybean injured by *R. clavatus* during the reproductive stage of Taegwangkong variety

Harvest property	Soybean reproductive stages			
	R2	R4	R6	R8
Pod No.	64.8±3.8b*	83.8±3.8a	67.0±4.3ab	71.8±8.1ab
Seed No.	117.3±6.0a	100.5±8.0a	118.0±6.9a	116.5±10.1a
Total seed weight (g)	28.5±0.8a	25.3±4.0a	28.5±1.8a	27.1±2.9a
Injury types	Ratios of empty pods and D seeds			
CE pods	2.7±0.7b	22.8±6.4a	3.2±0.6b	2.7±1.3b
PE pods	15.2±3.2a	29.1±2.6a	27.5±4.1a	21.9±5.8a
D seeds	9.7±2.0b	38.5±5.1a	16.1±1.8b	13.8±2.7b
Ratios of B and C seeds in the harvested seeds				
C seeds	0.8±0.3a	2.6±1.8a	7.6±2.1a	2.4±0.4a
B seeds	0.2±0.2b	5.8±1.5b	24.3±3.3a	24.3±5.8a

* Means were compared among soybean stage by Duncan multiple range test ($\alpha=0.05$).

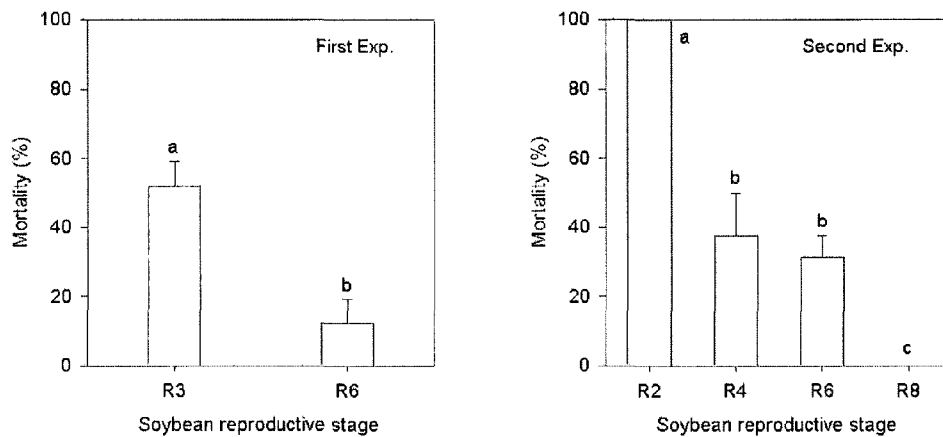


Fig. 1. Mortality (mean±standard error) of *R. clavatus* after introduction into soybean pot for 8 days. Different letters above the error bars indicate significant difference in the means at $\alpha=0.05$ (t-test).

인위적 가해에 의한 콩 피해

R4단계에서 일부 꼬투리들을 침으로 각각 5번씩 찌른 식물체들에서는 수확기에 그 꼬투리들이 탈락되어 피해 받은 종자를 얻지 못하였다. R6과 R8단계에서 침으로 가해를 한 꼬투리들에서는 피해를 받지 않은 정상적인 종자를 전혀 얻지 못하였는데, R6단계에서 1번 찢렸을 경우보다 3번 찢렸을 경우 D형과 C형 종자의 비율이 더 높았고, 1번 찢른 경우에 B형 종자의 비율이 더 높았다. R8단계에서 3번 찢렸던 모든 꼬투리에서는 B종자만이 관찰되었다(Table 6). 한편 R6단계에서 침 가해에 의해 생성된 C형 종자의 A형 종자에 대한 상대적인 무게 감소율은 찢른 횟수에 관계없이 유사하였으나, B형 종자의

경우의 무게 감소율은 3번 찢른 경우 더 컸다. 그러나 R8단계의 가해에서 결과한 B형 종자는 무게 감소가 없이 오히려 약간의 무게 증가를 보였다.

고 찰

콩이 착엽기(R3-R4)에 톱다리개미허리노린재에 의해 가해되었을 때 수확기에 발생하는 외형적 피해는 빈꼬투리의 비율이 증가하면서 판형종자(D형)가 생성되는 비율이 높아지는 것으로 결과하였다. 이에 비해 종실비대기와 성숙기에 가해되었을 때는 B형 종자들과 같이 종자모양을 어느 정도 유지하고 있으나 섭식흔적이 뚜렷한 종자 비율이 높아지는 것으로 나타났다. 기형종자(C형 종자)는

Table 6. Proportion and weight reduction of injured seeds after needling into pods during soybean reproductive stage (mean ± standard error)

Soybean stage	Treatment			
	R4	R6	R6	R8
Needling No. per seed	5	1	3	3
Injury type	Proportion (%) of injured seed			
D seeds	- ¹	11.8±4.4ab ²	23.0±6.0a	0.0±0.0b
C seeds	-	1.6±1.6b	32.2±14.8a	0.0±0.0b
B seeds	-	85.3±4.8a	47.6±19.5b	100.0±0.0a
Injury type	Weight reduction ratios (%)			
C seeds	-	72.1a	71.7±5.2a	-
B seeds	-	8.0±1.4b	15.9±0.8a	-1.4±15.2c

¹ Injured seeds were not found at harvest, maybe due to early falling.

² Means were compared among treatments by t-test (α=0.05).

다른 발육단계에 비해 종실비대기에 가해 받았을 때 높게 생성되는 경향이었지만, 그 비율은 전체 종자 수로 볼 때 낮은 편이었다. 콩의 생육단계에 따라 형태가 다른 피해종자들이 생성되는 주원인이 실험곤충에 의한 것이라는 것은 각 종자형태에서 톱다리개미허리노린재의 빨대피막이 관찰된 비율에 의해 직접 증명되었다. 이와 같이 콩의 생식생장기 초기에 노린재에 의해 가해진 경우 판형 종자 생성비율이 높아지고 후기에 가해지는 경우 종자모양은 유지하나 섭식흔이 뚜렷한 종자들의 생성비율이 높아지는 것은 동종해충(Kono, 1989) 뿐만 아니라 콩 꼬투리를 가해하는 다른 노린재류(Todd and Herzog, 1980)에 의한 가해에서도 보고되었다.

첫 해 실험에서 한 식물체에서 수확된 종자들 무게는 착협시 가해된 것이 종실비대기의 것보다 낮았다. 2차 실험에서는 콩 발육단계들 중 착협성기에 가해 받았던 것들이 종자무게가 가장 낮았다. 이와 같은 경향은 역시 동종해충에 대해 착협성기에 가해 받을 경우 식물체당 수확된 종자무게가 가장 작았던 보고(Kono, 1989)와 일치하였다. 따라서 이 결과는 착협시 피해를 받는 경우에 수확량의 감소가 가장 직접적으로 발생할 수 있다는 것을 나타내었다. 가을철 콩이 수확되는 야외에서는 톱다리개미허리노린재가 콩 생식생장 초기에 포장 안으로 유입되는 경향을 보인다(Jung *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2004). 따라서 야외에서 수확량에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 착협시에서의 피해는 당시 실험곤충의 유입밀도에 의해 크게 영향을 받을 것으로 추정되었다.

한편, 착협시 피해에서 꼬투리 수가 다른 단계의 피해보다 많았던 것은 Kogan and Turnipseed(1980)의 보고서

럼, 이후 새로 생성되는 꼬투리 수의 증가로 이 시기 피해가 어느 정도 보상받은 결과에 의한 것처럼 보인다. 이 꼬투리 수의 증가는 종실 비대성기 혹은 성숙기에서는 관찰되지 않았다. 이러한 현상은 동종 곤충이 콩의 생식생장기 초기 가해할 경우 소형 꼬투리의 생성에 의한 보상받는다라는 보고(Suzuki *et al.*, 1991)에서도 보인다. 그러나 꼬투리 수의 증가가 종자 수의 증가로 결과하지는 않았다. 이는 동시기 실험곤충으로부터 가해를 받아 더 이상 성숙하지 못하는 꼬투리들에 대한 보상작용으로 다른 꼬투리들이 다시 생성되나, 가해를 받은 꼬투리 수를 모두 충족시키지 못할 만큼 완전한 보상이 이뤄지지 않았거나 늦게 생성된 꼬투리에서 종자들이 정상적으로 형성되지 못하지 않았던 결과로 추정되었다. 이와 관련하여 노린재류에 의해 착협시와 종실비대성기 사이에 가해 받았을 경우 종자의 성숙시기가 늦어지고 수확량 감소에 직접적인 영향을 미친다는 보고(Boethel *et al.*, 2000)는 본 실험에서 착협시 가해가 주는 양적인 피해를 간접적으로 증명한다.

개화성기(R2)에서의 실험곤충 접종은 종자피해에 거의 영향을 주지 못한 것으로 나타났다. 이는 실험곤충이 실제 섭식할 수 있는 꼬투리가 없었기 때문으로 결과한 것이고, 접종기간 동안 생겼을 수도 있는 꼬투리들도 조기에 탈락하였을 것으로 추정되었다. 또 이렇게 섭식할 수 있는 먹이의 부족하였기 때문에 접종기간 동안 모든 곤충이 사망한 것으로 추정되었다(Fig. 1).

침을 이용한 피해 시뮬레이션 실험은 종자에 찌르는 물리적 피해만을 입히는 것이었고, 이때 사용된 침의 지름은 톱다리개미허리노린재 주둥이 지름의 약 10배 정도 두꺼운 것이었다. 따라서 이 결과를 실험곤충이 주둥이를

꼬투리 안으로 찢어 소화효소를 분비하고 분해된 내용물을 흡즙하여 피해를 입히는 상황에서 얻은 결과와 직접적으로 비교하기는 어렵다. 그러나 이때의 피해양상에서, 종실비대기와 성숙기에 가해되었을 때, 가해 받았던 모든 꼬투리에서 섭식흔이 뚜렷한 종자나 기형종자가 생긴 반면 판형종자가 생기지 않았던 결과는 실험곤충을 집중하여 얻은 결과와 일치하였다. 따라서 이 결과는 툽다리개미허리노린재가 종실 비대기와 성숙기 가해할 때 생기는 B형과 C형 종자가 증가하는 피해현상을 간접적으로 뒷받침하였다. 한편 착협성기 침으로 가해하였을 경우 피해 받은 꼬투리를 발견하지 못하였다. 이는 피해 받은 꼬투리가 조기에 탈락하였기 때문으로 생각되며 이와 같은 현상이 실험곤충에 의한 가해에서도 생길 것으로 추정되었다. 본 실험에서는 떨어진 꼬투리의 수를 관찰하지 않았으나 동종해충에 대해 착협기 낙협수가 많았던 보고(Kono, 1989)는 이런 추정을 뒷받침하였다. 또 섭식흔이 있는 종실비대성기에 침으로 더 많이 찢렸을 경우 기형종자(C형 종자)와 판형종자(D형 종자)의 비율이나 정상종자에 대한 B형 종자의 상대적 무게감소 비율도, 덜 찢렸을 경우보다 상대적으로 높았다. 이는 이시기 곤충에 의한 가해빈도가 많을수록 기형종자가 생길 확률이 더 높을 수 있다는 것을 나타내었다. 성숙기에 가해된 것은 C형 종자가 전혀 생기지 않았고 B형 종자의 무게도 정상종자보다 오히려 약간 더 무거운 것으로 나타났는데, 이는 이시기 대부분의 양분이 이미 집적되어 물리적인 가해만으로는 실제 무게 변화에 거의 영향을 주지 않았던 때문으로 추정되었다. 이와 같이 종실비대성과 성숙기 물리적 피해의 양상이 다른 것은 실험곤충 집종실험에서 두 시기 C형 종자의 비율이 상대적으로 더 높거나 낮은 것과 일치하였다(Table 5). 침을 꼬투리에 찢는 방식으로 가해를 모방한 실험들은 이제까지 거의 없는 것 같다. 대신 꼬투리를 제거하는 방식의 모의실험들은 식물체가 꽃을 더 피우고 종자의 단위무게를 증가시키거나 종자의 지질과 단백질량을 증가시키는 방식으로 상당부분 수확기 수량을 보상한다고 하면서, 이런 보상과정에는 수분공급이 중요한 역할을 한다고 보고하고 있다(Kingade *et al.*, 1971; McPherson and Moss, 1989; Smith and Bass, 1972; Thomas *et al.*, 1976).

결론적으로 본 연구의 결과는 착협기 피해의 정도가 수확량에 직접적인 영향을 줄 것으로 나타났다. 단, 야외에서는 툽다리개미허리노린재 밀도가 착협기 이후 계속 증가하여 콩 종실비대기에 최대에 달하는 경향을 보이기 때문에(Jung *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2004), 종실비대기

에 콩 피해에 미치는 곤충밀도 혹은 가해기간의 영향에 대해서도 자세히 검토할 필요성이 있다.

사 사

본 연구에 많은 조언을 준 작물과학원 문중경 박사에게 감사드린다.

Literature Cited

- Boethel, D.J., J.S. Russin, A.T. Wier, M.B. Layton, J.S. Mink and M.L. Boyd. 2000. Delayed maturity associated with southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) injury at various soybean phenological stages. *J. Econ. Entomol.* 93: 707~712.
- Bowling, C.C. 1979. The stylet sheath as an indicator of feeding activity of the rice stink bug. *J. Econ. Entomol.* 72: 259~260.
- Fehr, W. R., C. E. Caviness, D. T. Bernood, and J. S. Pennington. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max (L.) Merrill*. *Crop Sci.* 11:929~931.
- Jung, J.K., J.T. Youn, D.J. Im and U.K Kim. 2004. Population density of the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae) and soybean injury in soybean fields. *Treat. of Crop Res.* 5: 473~483.
- Jung, J.K. and D.J. Im. 2003. Attraction of the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae) by opposite sexes in a soybean field. *J. Asia-Pacific Entomol.* 6: 239~241
- Kingaer, R.T., M.L. Laster and E.E. Hartwig. 1971. Simulated pod injury to soybeans. *J. Econ. Entomol.* 64:984~985.
- Kogan, M. and S.G. Turnipseed. 1980. Soybean growth and assessment of damage by arthropods. pp.3-29. *In Sampling methods in soybean entomology*, edited by M. Kogan and D.C. Herzog. 587 pp. Springer-Verlag, Berlin.
- Kono, S. 1989. Analysis of soybean seed injuries caused by three species of stink bug. *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* 33: 128~133.
- Lee, G.H., C.H. Paik, M.Y. Choi, Y.J. Oh, D.H. Kim and S.Y. Na. 2004. Seasonal occurrence, soybean damage and control efficacy of bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Hemiptera: Alydidae) at soybean field in Honam province. *Korea J. Appl. Entomol.* 43: 249~255.
- Lee, S.G., J.K. Yoo, C.Y. Hwang, B.R. Choi and J.O. Lee. 1997. Effect of temperature on the development of the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Hemiptera: Alydidae). *RDA J. Crop. Protec.* 39: 25~27.
- McPherson, R.M. and T.P. Moss. 1989. Response of soybean to natural and simulated corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) pod injury. *J. Econ. Entomol.* 82:1766~1772.
- Miles, P.W. 1972. The saliva of Hemiptera. *Adv. Insect Physiol.* 9: 183~225.
- RDA. 2003. Nongeobgwahakgisul Yeongujosa Bunseokgisun, pp. 327~334. Suwon, 838 pp. Munseongsa.
- Russin., J.S., D.B. Orr, M.B. Layton and D.J. Boethel. 1988. Incidence of microorganisms in soybean seeds damaged by stink

- bug feeding. *Phytopathology*. 78: 306~310.
- Smith, R.H. and M.H. Bass. 1972. Relationship of artificial pod removal to soybean yields. *J. Econ. Entomol.* 65: 606~608.
- Son, C.K., S.G. Park, Y.H. Hwang and B.S. Choi. 2000. Field occurrence of stink bug and its damage in soybean. *Korean J. Crop. Sci.* 45: 405~410.
- Suzuki, N., N. Hokyo and K. Kiritani. 1991. Analysis of injury timing and compensatory reaction of soybean to feeding of the southern green stink bug and the bean bug. *Appl. Ent. Zool.* 26: 279~287.
- Todd, J.W. and D.C. Herzog. 1980. Sampling phytophagous Pentatomidae on soybean. pp. 438~478. *In* Sampling methods in soybean entomology, eds. by M. Kogan and D.C. Herzog. 587 pp. Springer-Verlag, New York.
- Thomas, G.D., C.M. Ignoffo and D.B. Smith. 1976. Influence of defoliation and depodding on quality of soybeans. *J. Econ. Entomol.* 69: 737~740.

(Received for publication 8 September 2005;
accepted 7 December 2005)