

밤나무에 대한 온도, 광 및 질소시비 조건과 기존 피해 잎이 주둥무늬차색풍뎅이(*Adoretus tenuimaculatus*) 성충의 유인에 미치는 영향

이동운* · 추호렬 · 이상명¹ · 이영한²

경상대학교 농생물학과, ¹임업연구원 남부임업시험장, ²경남농업기술원

Effect of Light, Temperature and Nitrogen Fertilization and Damaged Leaf on the Feeding of Chestnut Brown Chafer, *Adoretus tenuimaculatus* (Coleoptera: Scarabaeidae)

Dong Woon Lee* · Ho Yul Choo · Sang Myeong Lee¹ · Young Han Lee²

Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju, 660-701, Gyeongnam, Korea,

¹Nambu Forestry Experiment Station, Forestry Research Institute, Chinju, 660-300, Gyeongnam, Korea,

²Division of Plant Environmental, Gyeongnam Agricultural Research and Extension Service, Chinju, Gyeongnam, 660-360, Korea

ABSTRACT

Preference of chestnut brown chafer (CBC), *Adoretus tenuimaculatus* was examined from chestnut leaves which were treated with different light condition, temperature and nitrogen fertilization. More CBC was attracted to leaves which grown at 30°C than grown at 20°C, 25°C and in the field. When attracted number of CBC was compared among full sunlight-grown, cloth shaded-grown and dark-grown chestnut in the laboratory, attracted number of CBC was 10.0 in cloth shaded-grown plants, 4.0 in full sunlight grown and 5.0 in dark-grown plants. Amount of nitrogen fertilizer did not influence CBC feeding. The attractiveness of undamaged leaves with non-feeding beetles, leaves with feeding damaged, and leaves with artificial damaged was compared in replicated laboratory trials by placing the treatments in the petri-dish and counted the number of beetles that landed on the plants after 6 hr treatment. The highest number of beetles was attracted to chestnut leaf with feeding damaged (7.7 ± 0.6) than undamaged leaf with non-feeding beetles (5.3 ± 0.6) and artificial damaged (4.3 ± 0.6). Manganese content in the leaves of chestnut grown in shade cloth-grown condition was higher than that in the leaves of chestnut that had been exposed to full sunlight condition and dark condition, and feeding damaged leaf.

Key words: chestnut brown chafer, *Adoretus tenuimaculatus*, insect-plant interaction, turfgrass insect pest, feeding preference

*corresponding author

서 론

주둥무늬차색풍뎡이(*Adoretus tenuimaculatus*)는 42과 186종의 식물을 가해하는 광식성 식엽해충으로(이 등 1997, 1998) 산림내의 각종 활엽수를 비롯하여 옥수수나 토마토 등의 일반 농작물, 사과나 살구나무 등의 과수, 국화나 장미 등의 화훼, 차나무 등의 기호식물에도 피해를 주고 있다(이 등 1997). 특히, 골프장에 식재되어 있는 조경수에서 그 피해가 심한데 성충은 조경수의 잎을, 유충은 잔디의 뿌리를 가해하고 있다(甘日出 등 1978, 吉田 1978). 이렇듯 산림이나 골프장 등 여러 식물 생태계에서 주둥무늬차색풍뎡이가 크게 피해를 주고 있음에도 불구하고 성충의 섭식 생태에 대해서는 많은 연구가 이루어지지 않고 있다. 그러나 다수의 식엽성 해충들은 기주식물과의 관계가 구명된 바 있는데 풍뎡이류에 있어서도 Arita 등(1988)은 기주식물에 대한 ethephon처리가 *Adoretus sinicus*의 섭식선호성을 조장한다고 하였고, Furutani와 Arita(1990)는 차광조건보다 무차광한 식물에 *A. sinicus*의 유인이 많다고 하였다. 특히, 미국의 많은 골프장에서 문제가 되고 있는 왜콩풍뎡이에 대한 연구가 활발한 편이다. 즉, Rowe와 Potter(1999)는 차광이 장미과 식물의 섭식에 미치는 영향을 조사하여 73%의 차광조건에서 자란 식물체보다 무차광 조건에서 자란 식물체에 피해가 많다고 하였고, Ladd(1986)는 당이 섭식의 유도물질이라고 하였다. 그리고 Loughrin 등(1995)은 왜콩풍뎡이의 피해를 받은 *Vitis Labrusca*에 왜콩풍뎡이의 유인이 많고, 피해엽에서 분리된 각종 물질들 중 geraniol에 왜콩풍뎡이의 유인이 가장 많다고 하였다(1996). Keathley 등(1999)

은 선호성이 낮은 수종의 잎을 냉동 후 해동시켰을 때 생엽에 비하여 섭식이 조장되어 잎의 효소적, 화학적 변화가 왜콩풍뎡이의 유인에 관계한다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 식엽성 해충의 섭식에 관여하는 다양한 요인 중 기주식물에 대한 온도조건이나 광 조건의 차이, 또는 질소시비량의 차이가 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 유인에 미치는 영향 조사를 하였다. 그 외에도 골프장에서 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 기주 탐색 과정을 알아보기 위하여 Loughrin 등(1996)의 방법으로 주둥무늬차색풍뎡이 성충에 의하여 피해를 받은 잎이 다른 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 유인에 미치는 영향도 조사하였다. 골프장은 코스내의 조경수와 코스 외곽의 식생으로 구성되어 있다. 그리고 주둥무늬차색풍뎡이의 골프장내 발생은 코스내의 조경수와 자생수종에 의하여 영향을 받고 있기 때문에(이 등 1998) 집약적 관리가 가능한 조경수를 대상으로 관리하면 주둥무늬차색풍뎡이의 피해를 최소화 할 수 있을 것이다. Clark과 Metheny(1994)도 조경수 해충의 방제를 위해서는 종합적 방제가 필요하다고 하였다. 특히, 조성하고자 하는 공원이거나 골프장은 주둥무늬차색풍뎡이의 선호성이 낮거나 없는 수종을 선정할 수 있을 것이다. 주둥무늬차색풍뎡이와 기주식물의 관계 구명은 저항성 식물의 육종에 활용될 수 있고(Strong 등 1984), 골프장과 같은 특수한 생태계에서는 주요 해충의 생태적 방제에 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 이미 식재된 골프장의 조경수는 선호성과 관련한 관리 방법을 선택해야 할 것이다. 따라서 본 연구는 골프장에 극심한 피해를 주고 있는 주둥무늬차색풍뎡이의 생태적 방제법을 개발하기 위한 자료를 얻기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

실험곤충

조건을 달리한 기주식물에 대한 주둥무늬차색풍뎡이의 선호성을 알아보기 위하여 경남 진해의 용원골프장에서 풍뎡이를 채집하였다. 채집은 코스 곳곳의 굴피나무(*Platycarya strobilacea*)에서 포충망을 이용하여 성충을 채집하였다. 채집한 주둥무늬차색풍뎡이는 직경 6.5 cm, 높이 7cm의 1회용 플라스틱 컵에 밤나무 잎과 함께 10~20마리씩을 넣은 후 아이스박스에 넣어 실험실로 가져 왔다. 그리고 1×1×1m 크기의 사육상에 넣어 밤나무 잎을 필요시마다 먹이로 공급하였고, 실험에 이용하기 전까지 실온에 보관하였다.

실험식물, 온도, 광, 질소사비 조건

실험에 이용한 식물은 밤나무(*Castanea crenata*)로 품종은 은기였다. 밤나무는 경남산림환경연구소에서 접목한지 3년 되는 묘목을 3월 하순에 분양 받아 가식하여 둔 뒤, 4월 중순 직경 30cm×높이 30cm 크기의 화분에 1주씩 심었다. 식재에 이용한 화분 토양의 화학적 성분은 Table 1과 같다.

토양의 화학적 성분 분석은 경상남도 농업기술원 식물환경과에 의뢰하여 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하여 분석하였다(농촌진흥청 농업기술연구소 1988). 화분에 식재한 밤나무는 경남 진주시 미천면 미곡리에 위치한 밭에서 실험에 이용할 때까지 관리하였는데, 시비나

농약의 살포는 하지 않았다.

온도조건의 처리는 화분에 이식하여 밭에 두었던 밤나무를 5월 13일부터 6월 10일까지 약 한달 동안 20℃와 25℃, 30℃의 성장상(Vision 사, 한국)에 3주를 넣어 관리하였다. 성장상의 조도는 500lx였고, 16L:8D로 조절하였다. 그리고 매일 2ℓ의 물을 주었고, 실험에는 중간 부위의 가지에 있는 잎을 이용하였다. 가지의 여러 잎 중 정엽이나 지엽은 제거하고 정엽에서 3~5번째의 잎 하나만을 가지에 남게 하고는 잎이 붙은 밤나무 가지를 7cm내외가 되게 전정가위로 잘랐다. 그리고는 밤나무 가지를 30ml의 플라스틱 컵내에 있는 꽃꽂이용의 오아시스에 꽂았다. 유인성 조사를 하는 동안 잎의 마름을 방지하기 위하여 오아시스에 물은 포화상태로 되게 하였다. 가지를 꽂은 플라스틱 컵은 곤충 사육용 아크릴 케이지(25×36×25cm)에 중앙부를 중심으로 원형으로 완전잎의 배치하였다. 한편, 정사각형의 플라스틱 컵(5×5×5cm)에 동래골프장의 보조 잔디포에서 채취한 들잔디(*Zoysia japonica*)를 5×5cm 크기로 잘라 식재하고 케이지 중앙부에 놓았다. 그런 다음 골프장에서 채집한 주둥무늬차색풍뎡이 성충을 하루 동안 굶긴 후 암수 10쌍을 잔디 위에 방사하였고, 12시간 후 밤나무 잎에 유인된 개체수를 조사하였으며 3반복으로 실험하였다.

광조건의 처리는 화분에 이식하여 밭에 두었던 밤나무를 7월 1일 경상대학교내 농장으로 옮겨왔다. 그리고 광 조건 조절은 다음과 같이 두 가지 방법으로 하였다. 첫째는 가지의 중간

Table 1. Chemical properties of soil used in the experiment

Level		-----%-----								-----mg/kg-----				
EC	pH	OM	P ₂ O ₅	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K	Ca	Mg	Na	Cl	Fe	Mn	Zn	
0.27	4.23	22.9	21	83	14	0.43	0.88	0.90	0.29	44.0	7.96	15.6	62.49	

부분 세 가지를 임의로 선정한 다음 선정된 가지 중 한가지에는 가정용 알루미늄 호일로 각 잎을 싸서 완전 차광시켰으며, 또 한 가지의 잎은 방충망으로 차광률을 30%로 하였다. 그리고 나머지 한 가지는 차광을 하지 않고 그대로 대조 가지로 이용하였는데, 각 조건당 5주의 밤나무를 이용하였다. 두 번째는 동일 잎 중 잎의 반은 가정용 알루미늄 호일로 싸서 100% 차광을 시켰고 나머지 반은 광에 완전 노출시켰다. 잎의 기부와 반대부분을 번갈아 가면서 차광처리를 하였는데 밤나무 1주당 10엽씩 3주의 밤나무를 이용하였다. 광 조건 실험은 7월 8일부터 7월 10일까지 하였으며 처리 조건을 달리한 각 잎을 따서 실험에 이용하였다. 첫 번째 실험은 광 조건을 달리한 밤나무 잎을 채취하여 가정용 지퍼팩에 넣어 실험실로 가져와 수행하였는데, 직경 8.5cm, 높이 2cm 크기의 petri dish에 물에 적신 여과지를 2매 깔고(Whatman No. 2) 채취해 온 밤나무 잎을 기부로부터 2cm 간격으로 자른 다음, 각 1개씩 무작위로 배치하였다. 여기에 용원골프장에서 채집해온 주둥무늬차색풍뎅이 성충 10마리를 하루 동안 굶긴 후 방사하였다. 그리고 6시간 후 각 밤나무 잎에 유인된 수를 조사하였으며 3반복으로 수행하였다. 두 번째 실험은 호일로 완전 차광시킨 잎과 무차광 시킨 잎의 경계부분을 가위로 자른 뒤, 각 처리 부분의 잎을 3cm씩 잘랐다. 이것을 물에 적신 여과지 2매(Whatman No. 2)를 깔 직경 8.5cm, 높이 2cm 크기의 petri dish에 무작위로 배치하였다. 여기에 용원골프장에서 채집하여 하루 동안 굶긴 주둥무늬차색풍뎅이 성충 암수 1쌍을 방사하였는데 24개의 petri dish를 이용하였다.

질소 시비량의 조절은 밭에 두었던 밤나무 화분에 밤나무의 질소 시비 권장량인 12kg/ha을

(정과 박 1978) 기준으로 권장량의 반량, 권장량 그리고 배량으로 5월 11일에 시비하였고, 실험은 6월 10일 수행하였다. 질소 시비량 차이에 따른 선호성 조사도 온도 조건을 달리한 밤나무 잎에 대한 주둥무늬차색풍뎅이 성충의 선호성 실험과 동일한 방법으로 수행하였는데, 12시간 후 각 잎에 유인된 주둥무늬차색풍뎅이의 성충수로 결정하였으며 3반복으로 실험하였다.

주둥무늬차색풍뎅이 성충에 의한 가해가 다른 개체의 선호성에 미치는 영향

주둥무늬차색풍뎅이 성충에 의하여 피해를 받은 밤나무 잎이 주둥무늬차색풍뎅이 성충의 유인에 어떻게 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 Loughrin 등(1996)의 방법으로 실험을 수행하였다. 화분에 이식하여 밭에 두었던 밤나무를 7월 1일 경상대학교내 농장으로 옮겨와서는 밤나무 가지들 중 중간부분의 세 가지를 선정하고 임의로 한 가지를 선정하여 모기장으로 싸고, 경남 진해의 용원골프장에서 채집한 주둥무늬차색풍뎅이 암수 10쌍을 방사하였다. 다른 두 가지에는 모기장만을 썼다. 처리는 밤나무 3주를 대상으로 동일한 방법으로 행하였으며 풍뎅이 성충의 방사는 7월 8일 하였으며, 유인성 조사는 7월 10일 수행하였다. 실험은 광 조건의 차이에 따른 유인성 실험 1과 같은 방법으로 수행하였다. 처리는 주둥무늬차색풍뎅이 성충의 피해를 입은 잎과 건전한 잎, 그리고 직경 4mm 크기의 펀치로 인위적인 상처를 낸 잎을 이용하였다. 각 잎을 기부로부터 2cm 간격으로 자른 다음 물에 적신 여과지 2매(Whatman No. 2)를 깔 직경 8.5cm, 높이 2cm 크기의 petri dish에 무작위로 1매씩 배치하였다. 여기에 용원골프장에서 채집하여 하루 동안 굶긴 주둥무늬차색풍뎅이 성충 암수 한쌍을 방사하고는 6

시간 후, 각 잎에 유인된 수를 조사하였으며 10 개의 petri dish를 1반복으로 하여 3반복으로 처리하였다.

285.25nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다 (농촌진흥청 농업기술연구소 1988).

잎의 무기성분 분석

온도와 광, 질소시비 및 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 가해가 있었던 잎들 중, 선호성에서 차이를 보였던 서로 다른 광 조건 처리의 밤나무 잎과 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 피해가 있었던 잎, 인위적으로 상처를 낸 잎 등의 무기성분을 경상남도 농업기술원에 의뢰하여 분석하였다. 식물체 무기성분 분석에 사용된 시료는 채취 후 70℃에서 24시간 건조시키고 willy mill을 사용하여 270mesh로 분쇄하여 조제한 후 건물 0.5g을 습식 분해하여 이용하였다. 전질소(T-N) 함량은 Kjeldahl법으로, P₂O₅는 Vanadate법으로 spectrophotometer(Stasar3, Gilford, OBERLIN)를 사용하여 380nm에서 함량을 측정하였다. K₂O, CaO 그리고, MgO의 함량은 atomic absorption spectrophotometer(HIT-ACHI 170-30, Hitachi, TOKYO)로 측정하였는데, K₂O는 766.9nm, CaO는 423.2nm, MgO는

통계분석

서로 다른 온도와 광 및 질소 시비 처리로 행한 밤나무 잎에의 선호성과 주둥무늬차색풍뎡이의 피해 잎에 대한 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 유인수 조사 결과는 분산분석 하였다(PROC GLM, Tukey test, 조 1996). 그리고 광 조건에 따른 유인 실험 중 두 번째 실험인 암 조건 처리와 명 조건 처리 잎에 대한 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 유인수 결과는 t-test로 분석하였다(PROC TTEST, 조 1996).

결 과

온도 처리를 달리한 밤나무 잎에 대한 선호성

온도 조건을 달리하여 처리한 밤나무 잎에 대한 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 유인수는 30℃ 처리 잎에서 3.7마리로 가장 많았으나 온도간에 유의적인 차이는 없었다(F=0.56, df=3, 8, p<0.658)(Fig. 1).

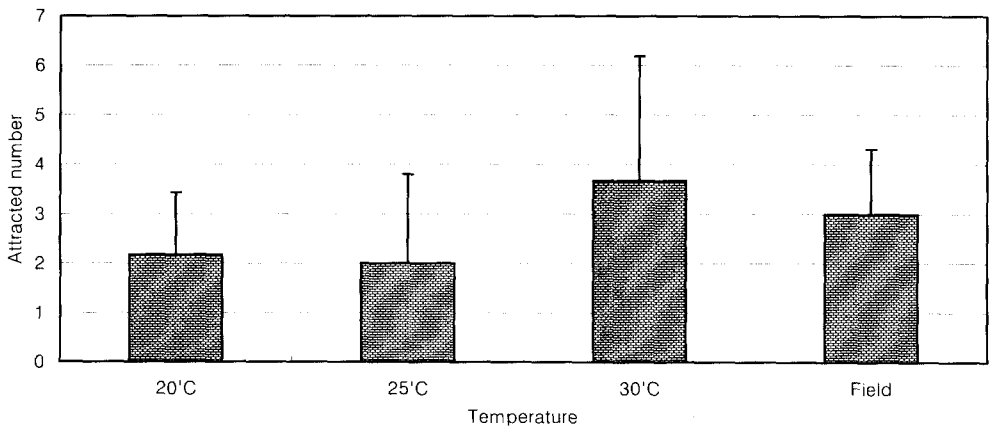


Fig. 1. Number of attracted chestnut brown chafer to leaves when chestnut trees were kept at given temperatures for one week. Top bars show standard deviation (n=3)

광 조건을 달리한 밤나무 잎에 대한 선호성

서로 다른 광 조건을 처리한 밤나무 잎에 대한 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 선호성은 Fig. 2와 같았다.

부분 차광한 잎에 10.0마리가 유인되어 무차광이나 완전차광의 4.0, 5.0마리에 비하여 선호성이 높은 편이었다($F=23.25$, $df=2$, 6 , $p<0.0015$). 한편, 동일 잎에서의 광 처리는 무차광 부분이나 완전 차광 부분간에 선호성에서 차이가 없었다($p > |T| = 0.8588$).

질소 시비량이 선호성에 미치는 영향

질소 시비량은 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 선호성에 영향을 미치지 않았다($F=0.1$, $df=2$, 6 , $p<0.9042$)(Fig. 3).

주둥무늬차색풍뎡이 성충에 의한 피해가 다른 개체의 선호성 미치는 영향

주둥무늬차색풍뎡이 성충의 피해는 또 다른 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 선호성에 영향을 미쳤는데, 주둥무늬차색풍뎡이 성충에 의하여 피해를 입었던 잎에는 7.7마리가 유인되었으나 인위적으로 상처를 낸 잎과 건전한 잎에는 각각 4.3마리와 5.3마리가 유인되었다($F=26.33$, $df=2$, 6 , $p<0.0011$)(Fig. 4).

잎의 무기 성분 분석

서로 다른 광 조건으로 처리한 밤나무 잎과

주둥무늬차색풍뎡이 성충의 피해가 있었던 잎, 인위적으로 상처를 낸 잎의 무기성분을 분석한 결과, 가장 차이를 보였던 것은 망간으로 무차광 처리의 것이 1057.72mg/kg 이었던 데 비하여 유인수가 많았던 부분 차광 잎의 것은 1932.55mg/kg 이었고, 피해를 입었던 잎의 것은 1092.27mg/kg 이었고, 완전차광한 잎의 것은 871.84mg/kg 이었다(Table 2).

고 찰

식엽성 해충의 기주 선택과 가해는 다양한 인자가 관여하는 것으로 알려져 있다. 밤나무에 온도를 달리한 조건은 온도에 따라 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 유인에 영향을 미치지 않았으나(Fig. 1) 상이한 광 조건은 영향을 미쳐(Fig. 2) 온도에 비하여 광 조건이 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 기주 선호도와 관계가 있는 것으로 나타났다. Shirai(1994)도 *Epilachna yasutomii* 무당벌레에 대한 기주식물의 온도 조건은 광 조건보다 중요하지 않다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 식물체에 대한 광조건의 차이는 해충의 기주 섭식과 밀접한 영향을 가진다(Raupp 등 1992). 즉 광 조건은 식물체의 광합성에 영향을 주게 되고 그 결과는 식물체의 양분 축적에 영향을 미치기 때문일 것이다. Rowe와 Potter(1999, 인쇄중)는 차광조건을 달리한 장미(*Rosa, hybrida* var. *floribunda* 'Class

Table 2. Chemical properties of chestnut leaf used in the experiment.

Treatment	----- % -----						----- mg/kg -----		
	T/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe	Mn	Zn
Full sunlight	1.63	0.32	0.55	0.16	0.68	0.040	141.63	1057.72	34.83
Shade cloth	1.69	0.36	0.83	0.16	0.52	0.036	143.19	1932.55	40.05
Dark	1.51	0.32	0.58	0.18	0.63	0.037	135.28	871.84	31.71
Feeding damaged	1.44	0.36	0.60	0.21	0.70	0.032	134.33	1092.27	35.59

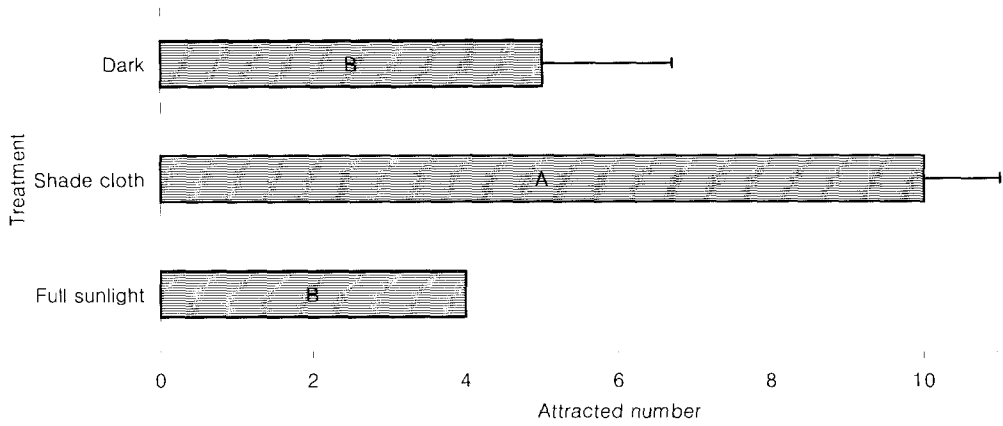


Fig. 2. Effect of sunlight intensity on chestnut brown chafer. Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

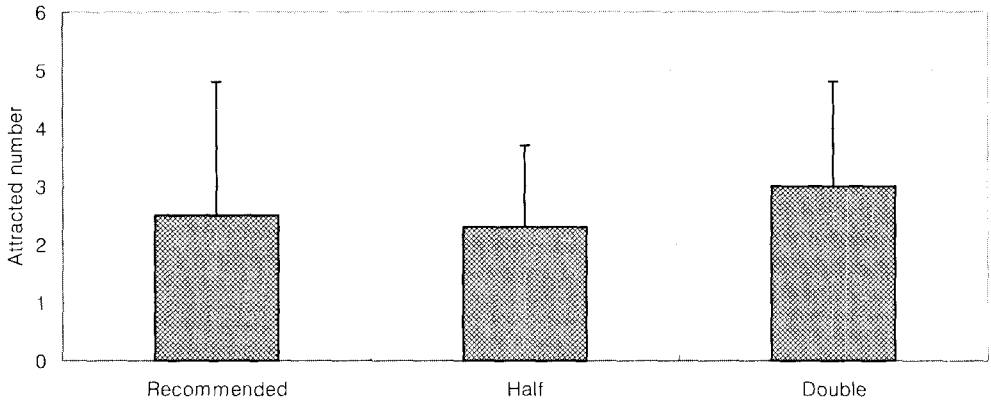


Fig. 3. Effect of nitrogen fertilization preference of chestnut brown chafer. Top bars show standard deviation ($n=3$).

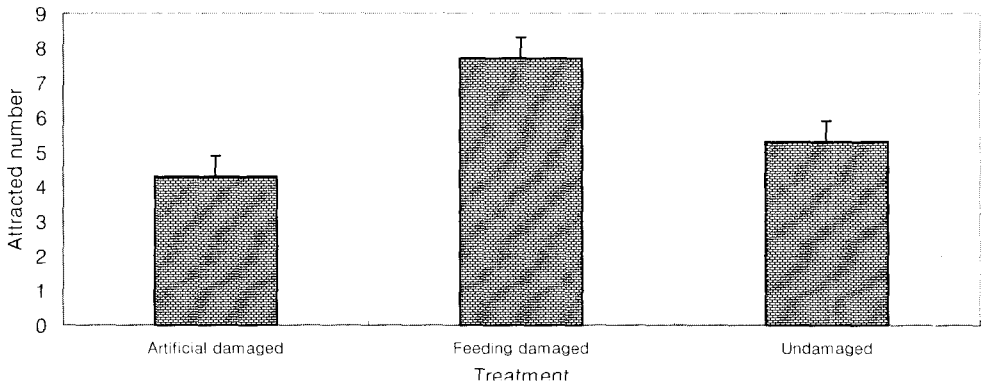


Fig. 4. Attracted number of chestnut brown chafer to undamaged, feeding damaged and artificial damaged chestnut leaves in petri dish. Top bars show standard deviation (GLM, Tukey test, $p < 0.05$).

Act)에서 왜콩풍뎡이의 섭식량을 조사하였던 바 그늘에서 자란 잎보다 무차광조건의 잎을 선호한다고 하였다. Furutani 등(1990)의 연구에서 *Adoretus sinicus* 풍뎡이는 단자엽 식물인 옥수수의 잎은 엽맥도 먹었는데 쌍자엽 식물인 콩잎의 엽맥은 먹지 않고 남겨 두어 차이를 보였는데 이는 식물의 광합성률의 차이에 기인한다고 하였다. 그리고 다시 Furutani와 Arita (1993)는 차광과 잎의 위치, 잎의 탄수화물 양이 *A. sinicus* 풍뎡이의 섭식에 영향을 미친다고도 하였다. Shirai (1994)는 직사광선과 같은 많은 양의 광 조건에서 자란 식물체에는 화학물질의 축적이 증대되고, 이는 유충의 발육과 탈피를 억제시킨다고 하여 기주에 대한 광 조건이 식엽성 해충의 발육에도 영향을 미친다고 하였다. 한편, 광 조건의 차이에 따른 식엽성 해충의 섭식 차이는 기주식물 잎의 영양적 차이나 또는 식물체가 생성한 방어 물질의 특성 차이 때문이기도 하다(Rowe와 Potter 1999 인쇄 중). Tallamy (1986)는 빛이 풍부한 곳에서 자란 식물체에 독성 물질이 축적되면 식엽성 곤충들은 직사광선을 피한 부분을 선택하거나 경화가 덜 된 부분을 선택한다고 하여 불리한 조건의 기주를 식엽성 곤충은 피한다고 하였다. 본 실험의 결과에서도 무차광이나 완전차광보다는 부분차광 상태에서 두었던 잎을 선호하는 것으로 나타났다. 무차광 조건에 처리된 밤나무 잎은 식이 회피 물질의 축적 또는 식물체 방어물질 축적 등으로 인하여 선호성이 떨어졌을 것으로 생각되며 완전 차광 조건에서의 잎은 광합성이 저해되어 영양 물질의 축적이 적었기 때문일 것으로 생각되나 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다. 실제로 골프장이나 산림 내에서 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 기주식물 가해 양상을 보면 주로 잎 뒷면에서 이루어지고 있었고,

직사광선이 내려 쬐이는 곳보다는 그늘진 곳의 잎에 붙어있어 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다(관찰자료). 그리고 잎의 무기 성분 분석 결과도 완전 차광 조건에 두었던 밤나무 잎의 전 질소 함량이 다른 광 조건에 비하여 낮아(Table 2), 질소 성분의 차이가 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 선호성과 관련이 있을 것으로 생각되었다. 부분 차광한 잎의 무기 성분들 중 망간의 함량은 무 차광이나 완전 차광에 비하여 2배정도 높은 특이성을 보였는데, 이것도 전 질소의 함량과 관계가 있을 것으로 생각이 된다. Phelan 등(1996)에 의하면 옥수수(*Zea mays*)에 질소와 유기질 퇴비를 주었을 때 질소 시비 처리구에서 망간의 함량이 많았다고 하였는데, 망간 함량이 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 유인에 영향을 미치는 지는 좀 더 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다. 한편 Mattson(1980)은 식엽성 해충의 생존이 기주식물체 조직 내 질소와 수분함량과 직접적인 상관관계가 있다고 하였고, Raupp 등(1992)은 시비의 종류나 양에 따라 해충에 미치는 영향이 다른 것을 이용하여 관상수의 해충관리에 응용할 수 있을 것이라고 하였다. Ladd (1986)는 sucrose, maltose, fructose, glucose와 같은 탄수화물이 왜콩풍뎡이의 섭식 유도물질이라고 하였고, Furutani와 Arita(1990)도 탄수화물들이 풍뎡이들의 일반적인 섭식 유도 물질로서 풍뎡이의 기주 선택에 중요한 작용을 한다고 하였다. *A. sinicus* 풍뎡이의 섭식도 nonstructural carbohydrate와 높은 상관관계가 있다(Arita 등 1993). 그러나 질소 시비량은 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 유인에 영향을 미치지 않았다(Fig. 3). 따라서 질소 시비량은 풍뎡이의 유인과는 밀접한 관계가 없을 것으로 생각되나 이는 추가적인 연구로 확인하여야 할 것이다. 즉 Phelan 등(1996)은 토양

에 대한 시비처리의 방법과 토양관리 방법에 따른 식물의 생장과 *Ostrinia nubilalis* 바구미의 산란수를 조사하였는데 시비방법들 중 질소 시비를 한 관행적 토양관리 처리구에서 자란 기주 식물에서 산란수가 적어 시비의 종류나 방법에 따라 기주관충의 생육에 영향을 미친다고 하였다. 그 외에도 식물이 곤충에 의하여 피해를 받게 되면 동일 종의 곤충이 모이는 특성이 있고 이는 페로몬이 관여하는 것으로 알려져 있다. Loughrin 등(1995, 1996, 1997)은 왜콩풍뎡이에 의하여 피해를 받은 식물은 식물체 또는 풍뎡이가 발산하는 섭식 유도 물질에 의하여 다른 왜콩풍뎡이 성충의 유인을 조장하였다고 보고하였는데, 본 조사에서도 주둥무늬차색풍뎡이 성충에 의하여 피해를 받은 밤나무 잎에 동종의 성충이 많이 유인되어(Fig. 4) Loughrin 등의 실험 결과와 유사하였다. 그 밖에도 잎의 두께나 강도 등 물리적 특성이나(Miller 등 1999, Keathley 등 1999) 영양분의 조성 및 함유량(Ishaaya 1986, Bernays와 Chapman 1994), 2차 대사물질의 종류와 양 등의 화학적 특성(Marrewijn 등 1995)이 해충의 섭식에 관한다고 알려져 있고, 식물의 스트레스도 식엽성 해충의 먹이 선택이나 섭식에 많은 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 그리고 Keathley 등(1999)은 기호도의 변화는 온도와 빛과 같은 무생물적 요소에도 영향을 받지만 산화 효소도 관여하며, 산화 효소는 스트레스를 받은 식물체에 대한 식엽성 해충의 기호도 결정에 중요한 역할을 한다고 하였는데 주둥무늬차색풍뎡이 성충을 대상으로 연구해 봄직하다.

요 약

주둥무늬차색풍뎡이가 선호하는 기주식물인

밤나무에 온도와 광 및 질소 시비 조건을 달리 하여 처리한 식물체와 주둥무늬차색풍뎡이 성충이 미리 가해하고 있던 밤나무 잎을 동종의 성충에 노출시켜 유인량을 조사한 결과, 20℃와 25℃, 30℃ 항온기와 야외에서 생육시킨 밤나무의 잎 중 30℃ 처리 잎에 가장 많은 3.7 ± 2.5 마리의 성충이 유인되었다. 그러나 처리 온도간에는 유의성이 없었다. 한편, 광 조건도 주둥무늬차색풍뎡이 성충에 영향을 미쳐 부분 차광한 잎에 10.0 ± 1.7 마리의 성충이 유인되어 무차광이나 완전차광의 4.0 ± 0.0 마리와 5.0 ± 1.0 마리에 비해 많았다. 질소 시비량은 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 유인수에 영향을 미치지 않았다. 즉, 밤나무 잎에 유인된 성충수는 기준량을 시비한 잎은 2.5 ± 2.3 마리, 반량을 처리한 잎은 2.3 ± 1.4 마리, 배량을 처리한 잎은 3.0 ± 1.8 마리였다. 반면, 주둥무늬차색풍뎡이 성충에 의하여 피해를 받고 있던 잎은 동종의 다른 성충의 유인을 증대시키는 것으로 나타났다. 피해가 있었던 잎에는 7.7 ± 0.6 마리가 유인되었고, 인위적으로 상처를 낸 잎이나 피해를 받지 않은 잎에는 각각 4.3 ± 0.6 마리와 5.3 ± 0.6 마리가 유인되었다. 서로 다른 광 조건에 보관하였던 밤나무 잎과 주둥무늬차색풍뎡이 성충의 피해가 있었던 잎, 인위적으로 상처를 낸 잎의 무기성분을 분석한 결과, 가장 차이를 많이 보였던 무기물은 망간으로서 무 채광의 것이 1057.72 mg/kg 이었고, 유인수가 많았던 부분차광 잎에서는 1932.55 mg/kg 이었다.

감사의 말씀

본 연구는 한국학술진흥재단의 '98년도 신진연구인력 연구장려금으로 수행된 결과의 일부입니다.

참고문헌

1. Arita, L. H., S. C. Furutani, & J. J. Moniz. 1988. Preferential feeding by the Chinese rose beetle(Coleoptera: Scarabaeidae) on ethephon-treated plants. *J. Econ. Entomol.* 81(5): 1371-1376.
2. Arita, L. H., S. C. Furutani, M. T. Fukada, & T. R. Nakayama. 1993. Feeding response of the chinese rose beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) to nonstructural carbohydrates in plants. *J. Econ. Entomol.* 86(5):1416-1419.
3. Bernays, E. A., & R. F. Chapman. 1994. Host-plant selection by phytophagous insects. 312pp. Chapman & Hall. London.
4. 조인호. 1996. SAS 연습과 활용. pp665. 도서출판 성안당. 서울.
5. Clark, J. R., & N. P. Matheny. 1994. The special needs of trees *In* Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals. pp17-29. (Lesler, A. R.). Lewis Publishers. Boca Raton.
6. 정인구, 박승길. 1978. 밤나무 비배관리. pp298. 가리연구회. 서울.
7. Furutani, S. C., & L. H. Arita. 1990. Effect of light exposure and carbohydrate content snap bean leaves on chinese rose beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) feeding. *J. Econ. Entomol.* 83 (5):2022-2025.
8. Furutani, S. C., & L. H. Arita. 1993. High carbohydrate content in snap bean leaves stimulates chinese rose beetle feeding. *HortScience* 28(2):129-131.
9. Ishaya, I. 1986. Nutritional and allelo-chemic insect-plant interactions relating to digestion and food intake: some examples. *In* insect-plant interactions. Miller, J. R., and T. A. Miller. 342pp. Springer-verlag. New York.
10. Keathley, C. P., D. A. Potter, & R. L. Houtz. 1999. Freezing-altered palatability of bradford pear to Japanese beetle: evidence for decompartmentalization and enzymatic degradation of feeding deterrents. *Entomologia Experimentalis de Applicata* 90:49-59.
11. Ladd, T. L. Jr. 1986. Influence of sugars on the feeding response of Japanese beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Econ. Entomol.* 79:668-671.
12. 이동운, 추호렬, 정재민, 이상명, 이태우, 박영도. 1997. 주둥무늬차색풍뎅이(*Adoretus tenuimaculatus*)의 기주식물과 기주 선호도. *한응곤지.* 36(2):156-165.
13. 이동운, 추호렬, 정재민, 이상명, 허진, 성영탁. 1998. 골프장 식생과 주둥무늬차색풍뎅이(*Adoretus tenuimaculatus* Waterhouse) 가해 기주식물의 지역적 차이. *한국잔디학회지* 12(1):1-16.
14. Loughrin, J. H., D. A. Potter, T. R. Hamilton-kemp, & M. E. Byers. 1995.

- Volatile compounds induced by herbivory act as aggregation kairomones for the Japanese beetle (*Popillia japonica* Newman). *J. Chem. Ecol.* 21:1457-1467.
15. Loughrin, J. H., D. A. Potter, T. R. Hamilton-kemp, & M. E. Byers. 1996. Role of feeding-induced plant volatiles in aggregative behavior of the Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae). *Environ. Entomol.* 25(5):1188-1191.
16. Loughrin, J. H., D. A. Potter, T. R. Hamilton-kemp, & M. E. Byers. 1997. Response of Japanese beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) to leaf volatiles of susceptible and resistant maple species. *Environ. Entomol.* 26(2):334-342.
17. Mattson, W. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen control. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 11:119-161.
18. Marrewijn, P., A. K. Minks & G. Mollema. 1995. Evolution of plant volatile production in insect-plant relationship. *Chemoecology* 516(2):55-73.
19. Miller, F., S. Jerdan, & G. Ware. 1999. Feeding preference of adult Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) for Asian elm species and their hybrids. *J. Econ. Entomol.* 92(2):421-426.
20. 농촌진흥청 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법: 토양, 식물체, 토양미생물.
21. Phelan, P. L., K. H. Norrij, & J. F. Mason. 1996. Soil-management history and host preference by *Ostrinia nubilalis*: Evidence for plant mineral balance mediating insect-plant interactions. *Environ. Entomol.* 25(6):1329-1336.
22. Raupp, M. J., C. S. Kehler, & J. A. Davidson. 1992. Advances in implementing integrated pest management for woody landscape plants. *Annu. Rev. Entomol.* 37:561-585.
23. Rowe II, W. J., & D. A. Potter. 1999. Shading effects on susceptibility of Rose, *Rosa* sp., to defoliation by Japanese beetles, *Popillia japonica* Newman (Coleoptera: Scarabaeidae). *Environ. Entomol.* (In print).
24. Shiray, Y. 1994. Larval survival of the phytophagous ladybird, *Epilacba yasutomii* (Coleoptera, Coccinellidae), on the blue cohosh, *Caulophyllum robustum* (Ranunculales, Berberidaceae), grown under different environmental conditions. *Ecological Research.* 9:37-45.
25. Strong, D. R, J. H. Lawton, & Southwood, T. R. E. 1984. *Insects on plants.* Blackwells, Oxford.
26. Tallamy, D. W. 1986. Behavioral adaptations in insects to plant allelochemicals. In *Molecular aspects of insect-plant associations.* Brattsten, L. B., and S. Ahmad. pp273-300. Plenum Press. New York

27. 吉田正義. 1978. 芝草害蟲と防除. 植物防疫. 32(9):383-389. 草を加害するコガネムシ類の研究 IX コイチャイロコガネによる芝草の被害と發生經過.
28. 甘日出正美, 幸野雄二, 吉田正義. 1978. 芝草研究. 7(2):55-61.