

## IGR계 살충제가 집파리 유충의 발육에 미치는 영향

박정규\*

경상대학교 농과대학 농생물학과

**요약** : 축산지대에서 문제가 되고 있는 집파리 (*Musca domestica*)의 방제에 관한 연구의 일환으로, 국내에 등록되어 있는 곤충생장조절 작용이 있는 몇가지 살충제와 imidacloprid 5% WP를 유충의 먹이에 섞어 줌으로써 유충에 대한 치사작용과 번데기 형성에 미치는 영향을 조사하였다. 이 실험에는 1997년 경남 함양의 豚舍에서 채집한 집파리를 실험실에서 사육하여 사용하였다. Diflubenzuron, teflubenzuron, triflumuron, flufenoxuron, tebufenozide 등 IGR 계통의 살충제를 집파리 2령충에 처리하였을 때에는 3령표피의 형성을 억제함으로써 유충에 대한 치사효과가 높았고, 3령충에 처리하였을 때에는 정상적인 번데기 표피의 형성을 억제함으로써 기형번데기의 비율이 높았다. 이러한 유충에 대한 치사작용과 기형번데기의 형성에 의한 총사망율은 먹이에 섞어준 약액의 농도가 높을수록 증가하였다. 2령충에 처리하였을 때 95%이상의 총사망율을 나타낸 농도는 diflubenzuron, teflubenzuron, triflumuron, flufenoxuron, imidacloprid에서 각각 5 ppm, 3 ppm, 30 ppm, 5 ppm, 1,000 ppm이었고, tebufenozide는 1,000 ppm에서 91.7%의 사충율을 나타내었다. 3령충에 처리하였을 때 95%이상의 총사망율을 나타낸 농도는 diflubenzuron, teflubenzuron, triflumuron, flufenoxuron에서 각각 100 ppm, 10 ppm, 300 ppm, 10 ppm이었으며, tebufenozide와 imidacloprid는 다른 약제에 비하여 집파리 유충에 대한 치사효과가 떨어져서 각각 1,000 ppm과 300 ppm의 높은 농도에서도 총사망율이 36.7%와 86.7%에 불과하였다. 집파리의 번데기가 외형상으로는 정상이라 하더라도 약제 처리에 의하여 무게가 감소하였다. Teflubenzuron, flufenoxuron, tebufenozide, imidacloprid 처리에 의한 무게감소 현상이 뚜렷하였고, diflubenzuron 과 triflumuron은 무게 감소효과가 적었다. 따라서 IGR계통의 살충제는 유충을 치사시키거나 기형 번데기를 만들어 성충으로 우화하지 못하게 할 뿐만 아니라, 번데기의 무게를 감소시킴으로써 차세대의 산란수에도 영향을 미칠것으로 생각된다.(1998년 9월 3일 접수, 1998년 12월 1일 수리)

**Key words** : housefly, *Musca domestica*, insect growth regulator, larval development, pupal formation.

### 서론

집파리는 인류와 오랫동안 밀접한 관계를 맺고 있는 중요한 해충으로서, 장티푸스, 파라티푸스, 적리(赤痢), 결막염, 뇌척수막염, 살모넬라성위장염, 구균성궤양(球菌性潰瘍) 등의 각종 질병균을 매개하는 세계적으로 중요한 위생해충이다 (이, 1996). 이들 집파리는 우리 나라나 (추 등, 1996) 미국(Lazarus 등, 1989), 영국(Renn, 1998), 헝가리(Papp, 1994) 등 세계 각국의 축산지대에 많이 발생하여, 축사 관리작업에 여러 가지 어려움을 주기도 할 뿐만 아니라, 주변의 주택지나 업무지역으로 옮겨가서 분쟁이나 소송문제를 야기하기도 하며, 축사의 조명기구에 똥을 싸거나 먹이를 토해서 조명을 어둡게 하기도

한다. 또한 鷄舍의 경우에는 신선하게 산란된 계란을 불결하게 만들거나 각종 병균을 오염시키고 있다. 이러한 이유로 영국의 보건당국에서는 집파리가 장기간에 걸쳐 많이 발생하는 돈사를 폐쇄할 것을 검토하고 있다(Renn, 1998). 이와 같이 집파리가 축산지대에 많이 발생하는 것은 소, 돼지, 닭 등의 똥이 유충의 좋은 먹이가 되기 때문이다(Harwood와 James, 1979).

집파리의 방제는 대부분이 화학적 살충제에 의존하고 있으나 (박 등, 1970; Shim 등, 1977; Rutz와 Scott, 1990), 사용하는 살충제에 집파리가 저항성을 발달시킴으로써 (Patterson과 Morgan, 1986; Scott 등, 1989; Cluck 등, 1990; Saito 등, 1991) 방제상 어려움이 있다.

Benzoylphenyl urea 계통의 화합물은 곤충의 chitin형성을 억제하거나 탈피과정을 방해하여 곤충생장조절물질(IGRs)로 작용함으로써 유충을 치사시키고 (Das와

\*연락처자

Vasuki, 1992), 기존의 유기인계나 (Ishaaya와 Yablonsky, 1987) 카바메이트계 및 합성피레스로이드계의 살충제에 저항성인 해충에도 방제효과가 있으며 (Farkas와 Papp, 1991), 거저리나 일반 농업해충 (담배거세미나방, 담배나방 등)에 효과가 좋으며, 포유동물에 대한 독성이 낮기 때문에 (Ishaaya, 1992) 해충종합관리 프로그램의 잠재적인 구성요소로 유망한 화합물들이다.

더우기 이들 곤충생장조절물질은 주로 파리류 해충의 성충에 자가불임(autosterilization)을 유발시킬 뿐만 아니라, 곤충의 알껍질이나 유충의 피부를 구성하는 chitin 합성을 저해하기 때문에 성충의 몸안에서 완전히 발육한 알이라 할지라도 부화를 못하는데, 그 효과가 난을 통하여 다음 세대에 까지 영향을 미쳐 F<sub>1</sub>세대 난의 부화나 유충의 생존에 까지도 영향을 준다(Chang, 1979; Knapp와 Herald, 1983; Das와 Vasuki, 1992; 西東 등, 1992). 최근에는 이들 IGRs를 이용하여 집파리를 방제하고자 하는 여러 가지 실험이 이루어지고 있다 (Rawlins 등, 1982; Das와 Vasuki, 1992; 김 등, 1993)

이 연구는 우리 나라에 등록되어 있는 몇가지 IGRs계통의 농약과 imidacloprid에 의한 집파리의 방제가능성을 알아보기 위하여, 우선 이들 농약을 유충의 먹이와 함께 처리하였을 경우 유충의 발육이나 용화율 및 성충의 우화율에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험약제

실험에 사용된 약제는 diflubenzuron 14% WP (1-(4-chlorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea, teflubenzuron 5% SC (1-(3,5-dichloro-2,4-difluorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea), triflumuron 25% WP (1-(2-chlorobenzoyl)-3-(4-trifluoromethoxyphenyl) urea, flufenoxuron 5% DC (1-[4-(2-chloro- $\alpha, \alpha, \alpha$ -trifluoro-p-tolyloxy)2-fluorophenyl]-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea), tebufenozide 8% WP (N-tert-butyl-N'-(4-ethylbenzoyl)-3,5-dimethyl benzohydrazide), imidacloprid 5% WP (1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin 2-ylidene-amine)의 6종으로서, 시중에서 제품을 구입하여 희석해서 사용하였다.

### 실험곤충

이 실험에 사용된 집파리(*Musca domestica*)는 1997년 4월 경남 함양군의豚舍에서 채집한 충을 사용하였다. 채집한 집파리는 25°C 내외의 실험실에서 '어린병아리용사료' (제일제당주식회사; 조단백질 19% 이상, 조지방 2.5% 이상, 조섬유 6.0% 이하, 조회분 8.0% 이하, 칼슘 0.7% 이상, 인 0.3% 이상, 메치오닌+시스틴 0.75% 이상)와 톱밥을 1:1(v/v)로 섞어서 사육하였으며, 채집한 이후부터 실험에 사용할 때까지 어떤 농약에도 접촉되지 않았다. 발육단계가 비교적 균일한 실험용 유충을 얻기 위하여, 25°C, 16L:8D 조건의 항온기 내에서 오후 6시부터 다음날 9시까지 15시간 동안 채란하였다. 우화한지 4~8일된 성충이 많이 들어있는 cage에 유충의 먹이가 담긴 채란용 컵(5.7×7.2 cm)을 넣어서 채란하였다. 15시간 후 산란된 컵을 꺼내어 약간의 물을 뿌려준 후 4겹으로 접은 tissue paper를 덮어 주었다. 1일 후 부화한 유충을 상기의 어린병아리용 사료가 담긴 유충사육용 프라스틱 용기(14×6.8 cm)에 넣어 실험에 사용할 때 (2령 또는 3령초기)까지 사육하였다.

### 약제의 처리

80 g의 유충사료 (톱밥과 병아리사료를 2:1로 섞은 것)에 각 농도로 조절된 약액 80 ml를 섞어주었다. 약액은 유효성분의 ppm 단위로 수돗물에 시판 농약을 희석하였다. 조제된 먹이를 반투명 PVC컵 (직경 5.8 cm×높이 5.7 cm)에 넣고 2령 또는 3령 초기의 유충을 각각 20마리씩 접종하였다. 먹이가 쉽게 건조되는 것을 막고, 수분을 공급할 때 약제가 희석되는 것을 막기 위해서 유충을 접종한 후 물에 적신 거친 톱밥을 약 1 cm두께로 덮어주었다. 2령충에 대한 약제의 영향실험은 2회 실시하였고, 3령 충에 대해서는 4회 실시하였다.

용

### 기형번데기와 정상번데기의 수, 무게 및 우화성충의 조사

무처리의 유충이 모두 용화한 후, 각 처리에서 正常蛹과 畸形蛹의 수를 조사하였다. 각 처리에서 正常蛹인 것은蛹을 물에 담가 표면에 붙은 이물질을 제거하고 수분이 완전히 건조된 후 chemical balance (AND, Model MH-200)로 번데기의 무게를 조사하였다. 유충의 표피가 적갈색으로 변한 것은 모두 번데기로 간주하였으며, 우화성충수를 정상번데기의 수로 간주하였다. 왜냐하면 무

처리의 번데기는 적갈색으로 정상적인 타원형 모양을 하고 있는데, 어떤 처리에서는 정상번데기보다 약간 크거나 또는 작으면서도 성충으로 정상적으로 우화하였기 때문에 번데기의 외부형태나 색깔만으로는 정상용과 기형용을 정확하게 구분할 수 없었기 때문이다. 더욱이 무처리에서의 우화율이 95% 이상이었으므로 우화하지 않은 번데기를 모두 기형으로 판단하여도 실험에 대한 어떤 결론을 도출하는데 문제가 되지 않을 것으로 생각된다. 유충기간 중의 사망율은 접종한 유충수에 대한 번데기의 수의 비율로, (접종유충수-번데기수)/접종유충수 x 100, 계산하였다.

## 결과 및 고찰

### 유충기간 중의 치사율과 기형용의 형성에 미치는 영향 (표 1)

일정농도 이상의 diflubenzuron을 2령유충에 처리하였을 때에는 유충기간 중의 사망율이 높았으나, 3령 유충에 처리하였을 때에는 유충기간 중의 사망율보다는 기형화된 번데기의 비율이 높았다. 즉, 2령 유충에 3~5 ppm의 약액을 먹이에 섞어주었을 때 유충기간 중의 사망율은 70.8~93.3%이었으나 기형화된 번데기의 비율은 1.7~15%로 낮았다. 그러나 3령기에 10~100 ppm의 약액을 먹이에 섞어주었을 때에는 유충기간 중의 사망율이 5~15%로 낮았는데 반하여, 기형번데기의 비율은 38.0~83.3%로 높았다. 이러한 결과로 볼 때, 2령기에 처리된 diflubenzuron 은 2령충이 3령충으로 탈피하는 과정에서 3령표피의 형성을 억제하기 때문에 유충기간 중의 사망율이 높았고, 3령기에 처리된 diflubenzuron 은 번데기로의 탈피과정에서 표피형성을 억제하기 때문에 기형번데기의 비율이 높아져 정상적으로 성충으로 우화하지 못한 것으로 생각된다. 결과적으로 볼 때, 2령충에 diflubenzuron 을 처리하였을 때에는 3령충으로의 탈피를 억제함으로써, 3령충에 diflubenzuron 을 처리하였을 때에는 번데기로의 정상적인 변태를 억제함으로써 치사작용을 나타내는 것으로 생각된다. 이러한 영향으로 인하여 diflubenzuron 에 의한 전체적인 사망률은, 2령에서는 3 ppm에서 95%의 사충율을 나타내었고, 3령충에서는 이보다 10배 높은 농도인 30 ppm에서 91.7%의 사충율을 나타내었다. Das와 Vasuki (1992)도 diflubenzuron 등 몇가지

IGR 살충제의 집파리에 대한 영향을 검토한 결과, diflubenzuron (dimilin)이 3 mg/ml의 농도에서 52%의 사충율을 보였고, 1.83 mg/ml의 높은 농도에서 기형번데기의 비율이 가장 높다고 하였다. 따라서 diflubenzuron이 유충을 치사시키고 정상적인 번데기의 형성을 방해한다는 결과는 본 실험과 같다고 할 수 있다. 단지 농도에 따른 사충율이나 기형번데기의 비율에 차이가 있는데, 이것은 실험에 사용한 집파리의 계통이 다르고, 유충의 사육방법(사료 등)이나 실험방법에 의한 차이인 것으로 생각된다.

Teflubenzuron 처리도 diflubenzuron 처리와 같은 경향을 나타내었다. 즉 2령유충에 처리하였을 때에는 유충기간 중의 사망율이 높았으나, 3령 유충에 처리하였을 때에는 유충기간 중의 사망율보다는 기형화된 번데기의 비율이 높았다. 2령 유충에 0.03~3 ppm의 약액을 처리하였을 때에는 유충기간 중의 사망율이 16.7~100%이었으나, 기형번데기의 비율은 0.0~28.6%로 낮았다. 이와는 반대로 3령 유충에 3.0~100 ppm의 약액을 처리하였을 때에는 유충기간 중의 사망율이 6.7~18.3%에 불과하였으나, 기형번데기의 비율은 3.3~88.3%로 높았다. 결과적으로 전체적인 사망율은 2령충에서는 1 ppm에서 85.7%의 사망율을 나타내었고, 3령충에서는 이보다 10 배 높은 농도인 10 ppm에서 96.7%의 높은 사망율을 나타내었다.

Triflumuron을 처리했을 때에도 위의 diflubenzuron 이나 teflubenzuron 에서와 같은 경향이였다. 즉, 2령기 유충에 triflumuron 0.3~30 ppm액을 먹이에 섞어주었을 때에는 유충의 사망율이 15~81.7%로 높았으나, 기형번데기의 비율은 7.5~34.2%로 낮았다. 3령 유충에 10~300 ppm을 처리하였을 때에는 유충기간 중의 사망율이 3.3~16.7%로 낮았으나, 기형번데기의 비율은 31.7~83.3%로 높았다. 따라서 전체적인 사망율은 2령충에서는 10 ppm의 약액을 먹이에 섞어주었을 때 86.7%의 사망율을 나타내었고, 3령기에는 이보다 높은 30 ppm에서 91.7%의 사망율을 나타내었다.

Flufenoxuron도 위의 약제들과 같은 경향을 나타내었는데, 2령 유충에 약액을 처리하였을 때에는 유충기간 중의 사망율이 농도에 따라 3.3~100%에 달했으나, 기형번데기의 비율은 1.7~25.7%에 불과하였다. 이와는 반대로 3령 유충에 처리하였을 때에는 유충기간 중의 사망율보다는 기형번데기의 비율이 월등히 높음을 알 수 있었다.

Table 1. Effect of some insecticides with insect growth regulator properties on the development of the housefly larvae

Chemicals <sup>a)</sup> Con.(ppm)	No. larvae treated	Larval death <sup>b)</sup> (% ± SD)	Malformed <sup>d)</sup> pupae(% ± SD)	Total death (% ± SD)
Diflubenzuron on the 2nd instar				
0.1	60	8.3 ± 2.9c <sup>1)</sup>	6.7 ± 2.9c	15.0 ± 0.0c
0.3	100	7.0 ± 9.8c	12.0 ± 2.4c	19.0 ± 8.2c
0.5	60	11.7 ± 16.1c	16.7 ± 7.6bc	28.3 ± 12.6c
1.0	120	24.2 ± 8.6c	27.5 ± 12.9b	51.7 ± 12.5b
3.0	120	70.8 ± 17.7b	15.0 ± 8.4bc	85.8 ± 10.7a
5.0	60	93.3 ± 2.9a	1.7 ± 2.9a	95.0 ± 5.0a
Diflubenzuron on the 3rd instar				
0.01	60	1.7 ± 2.9a	3.3 ± 5.8c	5.0 ± 8.7c
0.1	60	5.0 ± 5.0a	3.3 ± 5.7c	8.3 ± 7.6c
1.0	60	1.7 ± 2.9a	1.7 ± 2.9c	3.3 ± 2.9c
10.0	62	5.0 ± 5.0a	38.0 ± 18.4b	43.0 ± 14.8b
30.0	60	15.0 ± 15.0a	76.7 ± 18.9a	91.7 ± 7.6a
100.0	60	13.3 ± 7.6a	83.3 ± 7.6a	96.7 ± 2.9a
Teflubenzuron on the 2nd instar				
0.01	61	6.7 ± 7.6d	8.2 ± 7.6ab	14.8 ± 13.3d
0.03	60	16.7 ± 16.1cd	3.3 ± 2.9b	20.0 ± 17.3d
0.1	140	20.0 ± 6.5cd	7.1 ± 5.7ab	27.1 ± 4.9d
0.3	140	31.4 ± 21.4cd	28.6 ± 13.8a	60.0 ± 13.8c
0.7	60	46.7 ± 14.4bc	26.7 ± 7.6a	73.3 ± 7.6bc
1.0	140	65.7 ± 33.4b	20.0 ± 22.7ab	85.7 ± 17.4ab
3.0	60	100.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0b	100.0 ± 0.0a
Teflubenzuron on the 3rd instar				
0.01	60	3.3 ± 2.9b	8.3 ± 7.6c	11.7 ± 5.8c
0.1	60	1.7 ± 2.9b	3.3 ± 2.9c	5.0 ± 5.0d
1.0	61	8.3 ± 7.6ab	8.3 ± 3.0c	16.6 ± 10.5c
3.0	60	6.7 ± 11.6ab	71.7 ± 10.4b	78.3 ± 2.9b
10.0	60	11.7 ± 5.8ab	85.0 ± 5.0a	96.7 ± 2.9a
30.0	61	11.7 ± 10.4ab	88.3 ± 10.4a	100.0 ± 0.0a
100.0	60	18.3 ± 2.9a	81.7 ± 2.9ab	100.0 ± 0.0a
Triflumuron on the 2nd instar				
0.01	60	5.0 ± 5.0c	5.0 ± 5.0c	10.0 ± 5.0d
0.03	61	13.3 ± 15.3c	6.6 ± 7.7c	19.9 ± 13.4cd
0.1	60	11.7 ± 16.1c	10.0 ± 10.0c	21.7 ± 10.4cd
0.3	120	15.0 ± 11.0c	7.5 ± 6.1c	22.5 ± 8.8cd
1.0	100	23.0 ± 5.7c	10.0 ± 7.1a	33.0 ± 9.8c
3.0	120	23.3 ± 15.4c	34.2 ± 11.1ab	57.5 ± 5.2b
10.0	60	60.0 ± 10.0b	26.7 ± 16.1bc	86.7 ± 7.6a
30.0	60	81.7 ± 15.3a	16.7 ± 12.6bc	98.3 ± 2.9a
Triflumuron on the 3rd instar				
0.01	60	6.7 ± 5.8a	1.7 ± 2.9c	8.3 ± 2.9c
0.1	62	3.3 ± 2.8a	6.5 ± 3.0c	9.8 ± 5.1c
1.0	60	5.0 ± 5.0a	6.7 ± 11.6c	11.7 ± 7.6c
10.0	120	3.3 ± 4.1a	31.7 ± 18.1b	35.0 ± 16.4b
30.0	60	16.7 ± 11.6a	75.0 ± 8.7a	91.7 ± 10.4a
100.0	60	16.7 ± 17.6a	76.7 ± 20.2a	93.3 ± 2.9a
300.0	60	13.3 ± 7.6a	83.3 ± 7.6a	96.7 ± 2.9a
Flufenoxuron on the 2nd instar				
0.1	62	3.3 ± 2.9d	3.2 ± 2.8de	6.5 ± 3.0c
0.3	62	6.7 ± 11.6d	14.2 ± 8.9bcd	20.9 ± 5.2b
0.5	60	6.7 ± 7.6d	20.0 ± 10.0bc	26.7 ± 16.1b
1.0	121	4.2 ± 4.9d	25.7 ± 9.4b	29.9 ± 10.7b
3.0	60	81.7 ± 12.6b	10.0 ± 8.7cde	91.7 ± 5.8a
5.0	60	100.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0e	100.0 ± 0.0a
7.0	60	98.3 ± 2.9a	1.7 ± 2.9de	100.0 ± 0.0a
10.0	60	38.3 ± 2.9c	61.7 ± 2.9a	100.0 ± 0.0a

Table 1. Continued

Chemicals <sup>a)</sup> Con.(ppm)	No. larvae treated	Larval death <sup>b)</sup> (% ± SD)	Malformed <sup>d)</sup> pupae(% ± SD)	Total death (% ± SD)
<b>Flufenoxuron on the 3rd instar</b>				
0.01	60	1.7 ± 2.9a	3.3 ± 2.9c	5.0 ± 0.0c
0.1	62	1.7 ± 2.9a	6.7 ± 5.5c	8.0 ± 2.7c
1.0	60	1.7 ± 2.9a	8.3 ± 2.9c	10.0 ± 5.0c
3.0	60	21.7 ± 37.5a	58.3 ± 32.5b	80.0 ± 17.3b
10.0	60	8.3 ± 5.8a	91.7 ± 5.8a	100.0 ± 0.0a
30.0	60	6.7 ± 2.9a	93.3 ± 2.9a	100.0 ± 0.0a
100.0	60	15.0 ± 0.0a	85.0 ± 5.0a	100.0 ± 0.0a
<b>Tebufenozide on the 2nd instar</b>				
10.0	120	5.0 ± 4.5b	9.2 ± 6.7a	14.2 ± 8.0b
30.0	60	13.3 ± 7.6b	8.3 ± 10.4a	21.7 ± 16.1b
300.0	60	80.0 ± 5.0a	10.0 ± 8.7a	90.0 ± 5.0a
1000.0	120	60.0 ± 41.6a	31.7 ± 33.7a	91.7 ± 8.2a
<b>Tebufenozide on the 3rd instar</b>				
0.1	60	0.0 ± 0.0a	3.3 ± 2.9bc	3.3 ± 2.9c
1.0	61	1.7 ± 2.9a	3.3 ± 2.8bc	4.9 ± 5.0c
10.0	60	3.3 ± 2.9a	6.7 ± 7.6bc	10.0 ± 5.0bc
30.0	60	10.0 ± 5.0a	0.0 ± 0.0c	10.0 ± 5.0bc
100.0	60	11.7 ± 10.4a	13.3 ± 2.9b	25.0 ± 13.2ab
300.0	60	10.0 ± 13.2a	11.7 ± 7.6b	21.7 ± 15.3ab
1000.0	60	10.0 ± 5.0a	26.7 ± 7.6a	36.7 ± 2.9a
<b>Imidacloprid<sup>e)</sup> on the 2nd instar</b>				
1.0	60	5.0 ± 5.0d	5.0 ± 0.0ab	10.0 ± 5.0c
10.0	135	23.3 ± 5.8c	6.8 ± 2.9a	30.0 ± 5.0c
30.0	60	11.7 ± 5.8cd	10.0 ± 5.0a	21.7 ± 7.6c
100.0	100	46.7 ± 23.6b	8.3 ± 2.9a	55.0 ± 26.5b
300.0	60	95.0 ± 5.0a	0.0 ± 0.0b	95.0 ± 5.0a
1000.0	60	100.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0b	100.0 ± 0.0a
3000.0	60	100.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0b	100.0 ± 0.0a
<b>Imidacloprid<sup>e)</sup> on the 3rd instar</b>				
0.01	60	6.7 ± 5.8bc	5.0 ± 8.7a	11.7 ± 2.9b
0.1	60	1.7 ± 2.9c	10.0 ± 13.2a	11.7 ± 12.6b
1.0	60	3.3 ± 5.8c	10.0 ± 10.0a	13.3 ± 15.3b
10.0	120	6.7 ± 6.1bc	4.2 ± 3.8a	10.8 ± 3.8b
30.0	60	10.0 ± 13.2bc	3.3 ± 2.9a	13.3 ± 10.4b
100.0	60	18.3 ± 2.9b	0.0 ± 0.0a	18.3 ± 2.9b
300.0	60	83.3 ± 12.6a	3.3 ± 2.9a	86.7 ± 10.4a
<b>Control</b>				
2nd instar	160	6.3 ± 6.9	2.5 ± 3.8	8.8 ± 6.4
3rd instar	100	5.0 ± 6.1	3.0 ± 2.7	8.0 ± 7.6

<sup>a)</sup>Commercial formulations of tested insecticides were diluted with tap water into a range of concentrations, and then mixed with the 2nd and the 3rd instar larval medium. Twenty larvae of each instar per replication was incorporated into the larval medium, and reared at 25°C, 16L:8D condition.

<sup>b)</sup>Larval death (%) was calculated by the formula, (number of tested larvae-number of pupae)/number of tested larvae × 100.

<sup>c)</sup>Means followed by the same letter in the same column of the same instar are not significantly different (Duncan's Multiple Range Test; P=0.05).

<sup>d)</sup>The number of pupae eclosed to fly was considered as the number of normal pupae, and the remainder was malformed pupae. That is because some pupae with a little longer or smaller size emerged to normal adults. Malformed pupae (%) were, therefore, calculated by the formula, (number of tested larvae - number of emerged flies)/number of tested larvae × 100

<sup>e)</sup>Imidacloprid, which is not an insect growth regulator, was also tested to compare the efficacy with that of IGRs.

결과적으로 3 ppm의 약액을 처리하였을 때 전체적인 사망율은 2령충과 3령충에서 각각 91.7%와 80%이었다. 특이한 사항은 다른 약제와는 달리 3 ppm 이상에서 사망율이 급격히 증가하는 현상이었다.

Tebufenozide 처리도 위의 4약제 (diflubenzuron, teflubenzuron, triflumuron, flufenoxuron) 처리와 유사한 경향을 나타내었다. 즉, 2령기에 처리한 tebufenozide는 유충기간 중의 치사작용이 크고 기형번데기의 비율이 상대적으로 낮았다. 그러나 다른 약제와 농도별로 비교해 볼 때, 2령충에 30 ppm의 높은 농도의 약액을 처리하였을 때에도 전체적인 사망율이 21.7%에 불과하였으며 (약제별 사충율이 diflubenzuron은 5 ppm에서 95%, teflubenzuron은 3 ppm에서 100%, triflumuron은 30 ppm에서 98.3%, flufenoxuron은 3 ppm에서 91.7%), 더욱이 3령충에서는 1,000 ppm의 높은 농도에서도 전체적인 사망율이 36.7%에 불과하였다. 따라서 본 실험에 사용된 집파리 계통에 대해서는 tebufenozide는 다른 약제에 비하여 효과가 떨어짐을 알 수 있었다.

IGR 살충제가 아닌 imidacloprid의 경우에는 위의 IGR 살충제들과는 다른 반응을 나타내었다. 즉, imidacloprid는 약액을 처리한 령기에 관계없이 유충기에 높은 치사작용을 나타내었고, 기형번데기의 비율은 무처리에서와 비슷한 수준이었다. 즉, 2령 유충에서는 300 ppm을 처리하였을 때 전체적인 사망율이 95.0%이었고 그 이상의 농도에서는 모든 유충이 사망하였다. 또 3령 유충에서는 300 ppm의 농도에서 86.7%의 유충이 사망하였다.

이상의 결과를 종합해보면, diflubenzuron, teflubenzuron, triflumuron, flufenoxuron 등 IGR 계통의 살충제는 집파리 2령충에 처리하였을 때에는 3령표피의 형성을 억제하여 유충을 치사시킴으로써, 3령충에 처리하였을 때에는 정상적인 번데기 표피의 형성을 억제하여 기형번데기를 유발함으로써 치사작용을 나타내는 것으로 생각되며, 탈피촉진 작용이 있는 tebufenozide와 신경계의 nicotinic acetylcholine 수용체에 작용하는 imidacloprid는 다른 약제에 비하여 효과가 떨어지는 것으로 생각된다. 이 실험에 사용된 살충제처럼 IGR인 cyromazine도 아메리카잎굴파리 유충의 발육을 저해하고 또한 저농도에서도 기형이거나 비정상적인 번데기를 생기게 한다고 하여서 (Yathom 등, 1986) 본 실험에서와 같은 결과를 나타내었다. Rawlins와 Jurd (1981)에 의하면 곤충생장조절 활성이

있는 benzylphenol계나 benzodioxole계의 화합물이 screwworm fly의 용화에 미치는 영향은 적으나, 이들 중 2종의 benzodioxole계 화합물이 번데기의 우화를 억제하였다고 한다. 본 실험에서도 imidacloprid를 제외한 IGR계 살충제들이 성충의 우화에 미치는 영향이 있었을 것으로 생각된다. 그러나 본 실험에서는 번데기의 외부형태만으로는 정상적인 번데기와 기형번데기를 구분할 수 없는 경우가 있어서, 성충으로 정상적으로 우화하지 못한 모든 번데기를 '기형번데기'로 간주하였기 때문에 이들 약제가 성충우화에 미치는 영향을 평가할 수가 없었다.

### 번데기의 무게에 미치는 영향(그림 1)

Diflubenzuron (10~100 ppm)을 3령유충에 처리하였을 때 번데기의 무게가 16.6~18.9 mg으로서 무처리의 21.4 mg보다는 가벼워서 약제에 의한 번데기 무게감소의 영향을 알 수 있었다. 그러나 처리농도의 범위에서 약액의 농도에 따른 번데기 무게의 변화는 크지 않았다. 또 2령유충에 처리하였을 때에는 3 ppm이하의 농도에서는 20.7~22.8 mg으로서 무처리 (21.9 mg)와 큰 차이가 없었으나 5 ppm의 높은 농도에서는 17.6 mg으로 낮아졌다.

Teflubenzuron의 경우에는 먹이와 함께 섞어준 약제의 농도가 높을수록 번데기의 무게가 감소하였다. 즉, 3령기에 10 ppm의 약액을 먹이와 섞어주었을 때 번데기의 무게가 19.5 mg으로 무처리의 번데기 무게보다 가벼웠고, 2령기에는 0.3 ppm 이하의 농도에서는 20~21.3 mg으로 무처리와 차이가 없었으나, 0.7 ppm과 1 ppm의 높은 농도에서는 각각 16.1 mg과 14.6 mg으로서 번데기의 무게가 현저히 줄어들었다. 3 ppm에서는 공시충 모두가 유충기에 사망함으로써 (표 1) 번데기 무게를 측정할 수 없었다.

Triflumuron을 3령유충에 처리하였을 때에는 처리농도가 10 ppm에서 300 ppm으로 높아짐에 따라 번데기의 무게가 20 mg 내외에서 17.6 mg로 감소하였다. 그러나 2령충에 처리하였을 때에는 처리농도에 관계없이 19.8~22.7 mg으로서 무처리의 21.9 mg과 거의 차이가 없었다. Triflumuron을 처리하는 시기에 따라 이러한 차이가 나는 원인은 본 실험만으로는 알 수 없다.

Flufenoxuron의 경우에는 3령충에 3 ppm의 약액을 처리하였 경우에 19.4 mg이었으나 이보다 높은 농도인 10

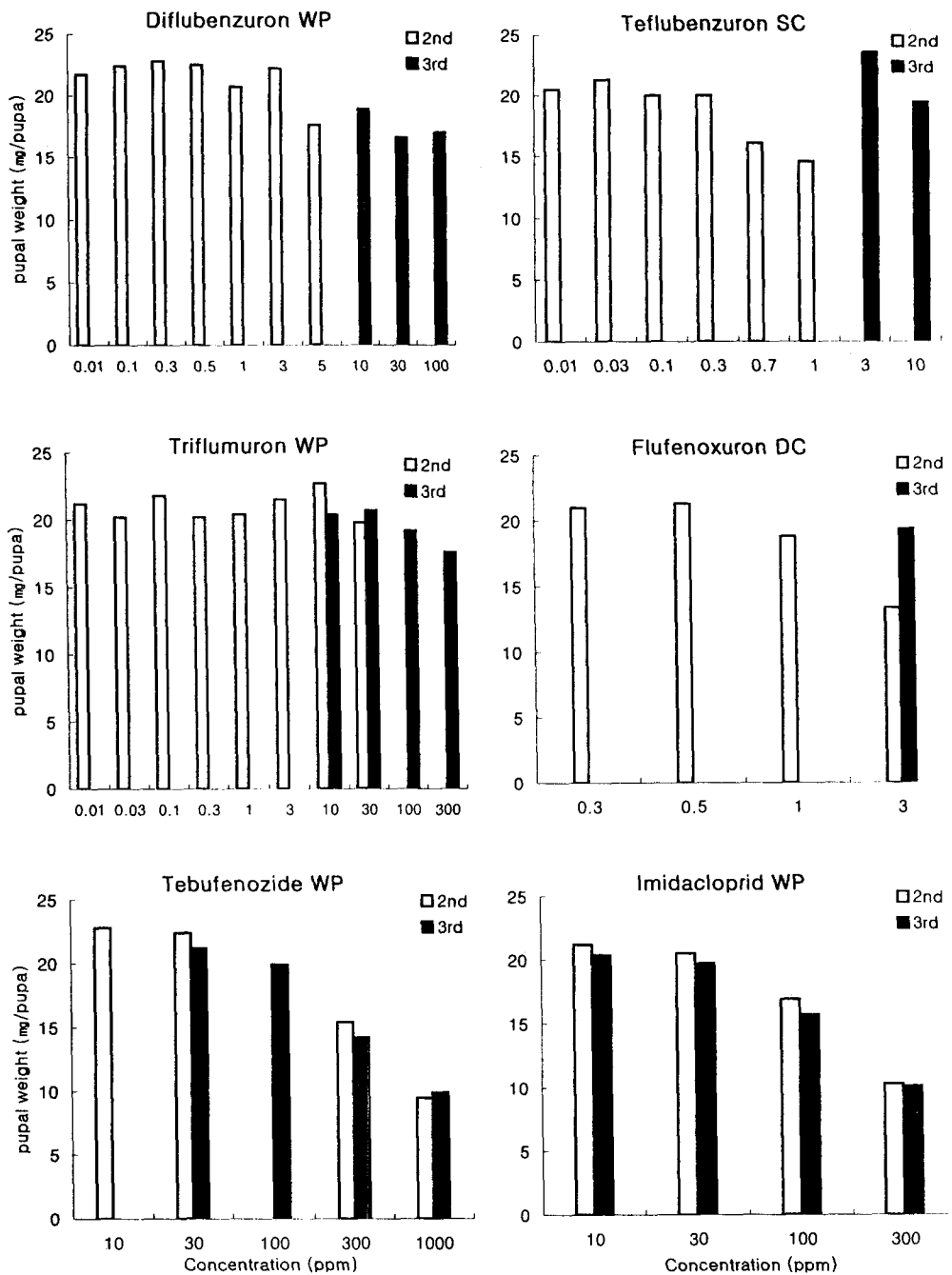


Fig. 1. Effects of some insect growth regulators and imidacloprid on the pupal weight of the housefly. See footnote a) of Table 1. The pupae with only a normal external shape were weighed in the gross in each concentration. The number of pupae weighed can be approximately calculated from Table 1. For example, the number is  $60 \times (100-15) = 51$  in the treatment of 'diflubenzuron on the 2nd instar, 0.1 ppm'. Pupal weights in control (check) were 21.9 and 21.4 mg/pupa in the tests on the 2nd and the 3rd instar larvae, respectively.

~100 ppm을 처리하였을 때는 정상적인 번데기가 없어서 (표1) 그 무게를 측정할 수 없었다. 2령에 처리하였을 때에는 약액의 농도가 높아질수록 무게가 감소하는 경향이였다. 즉, 0.3 ppm과 0.5 ppm의 낮은 농도에서는 번데기의 무게가 21 mg정도로서 무처리와 차이가 없었으나, 1 ppm과 3 ppm에서는 각각 18.8 mg과 13.4 mg으로 감소하였다.

Tebufenozide를 유충기에 처리하였을 때에는 처리농도가 높아짐에 따라 번데기의 무게 감소가 현저하였다. 즉, 2령유충에 30 ppm이하의 약액을 처리하였을 때에는 번데기의 무게가 22 mg정도로서 무처리 번데기의 무게 (21.4 mg)와 거의 차이가 없었으나, 300 ppm에서는 15.5 mg이었고, 1,000 ppm 처리에서는 비록 무게를 잰 번데기의 수가 2마리에 불과하였지만 그 무게가 9.5 mg으로서 무처리의 1/2에도 미치지 못하였다. 또 3령기에 처리하였을 때에도 30~1,000 ppm의 농도에서는 20 mg내외로 무처리와 큰 차이가 없었으나, 300 ppm에서는 16.9 mg으로 감소하였고, 1,000 ppm에서는 9.9 mg으로서 무처리 번데기 무게의 1/2에 불과하였다.

Imidacloprid를 유충기에 처리하였을 때에도 tebufenozide를 처리하였을 때와 같이 처리농도가 높아짐에 따라 번데기의 무게가 현저히 감소하였다. 즉 3령 유충에 10 ppm에서 300 ppm까지의 약액을 처리하였을 때 번데기의 무게가 10.1 mg까지 감소하였으며, 2령충에 처리하였을 때에도 300 ppm에서 10.3 mg까지 감소하였다. 이와 같이 imidacloprid를 처리하였을 때 번데기의 무게가 감소하는 것은 이 약제에 의한 섭식저해 작용 때문이라고 추정할 수도 있으나, imidacloprid의 곤충에 대한 섭식저해효과에 대해서는 연구자에 따라 상반된 연구결과가 있어서 좀 더 세밀한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 예를 들면, Quintela와 McCoy (1997)는 212.5 ppm의 imidacloprid를 섞은 인공사료나 당근을 *Diaprepes abbreviatus* (바구미의 일종)에게 주었을 때 이 충의 섭식이 저해되어 유충의 발육이 늦어지고 탈피가 불량해진다고 하였고, 최 (1998)는 亞致死濃度 (LC<sub>10-50</sub>)의 약액에 침지처리 또는 관주처리된 벼나 배추에 벼멸구와 복숭아혹진딧물을 접종하였을 경우 甘露배설량이 적어져서 imidacloprid에 의한 강한 섭식저해효과가 있다고 하였다. 그러나 0.3%의 농도로 희석한 약액을 고추에 처리하고 복숭아혹진딧물을 10분 동안 접촉시켰을 때 탐침행동

(probing behavior)이 영향을 받지않았다고 하며 (Collar 등 1997), *Spodoptera littoralis*와 *Heliothis virescens*에서도 imidacloprid를 먹이에 섞어주었을 때 섭식저해효과가 없었다고 하였다 (Lagadic 등, 1993).

이상의 결과를 종합해보면, 실험에 사용한 모든 약제가 번데기의 무게를 감소시키는 영향이 있기는 하지만, diflubenzuron과 triflumuron의 효과보다는 teflubenzuron, flufenoxuron, tebufenozide, imidacloprid의 번데기 무게 감소에 대한 영향이 컸다. 따라서 이들 약제는 유충을 치사시키거나 기형 번데기를 만들어 성충으로 우화하지 못하게 할 뿐만 아니라, 번데기의 무게를 감소시킴으로써 차세대 산란수에도 영향을 미칠 것으로 생각된다.

또한 많은 종류의 곤충생장조절물질들이 screwworm fly (Rawlins와 Jurd, 1981)나 집파리 (Chang, 1979; Rawlins 등, 1982), face fly (Knapp와 Herald, 1983), 아메리카잎굴파리 (西東 등, 1992)에 불임을 일으키거나 F<sub>1</sub>세대 난의 부화에 영향을 미치며, 또한 성충의 번식력이나 산란수는 번데기의 무게와 밀접한 관계가 있기 때문에 (Golubeva, 1995; Saito 등, 1995; Spurgeon 등, 1995; Tammaru 등, 1996), 본 실험에 사용된 약제들에 대해서도 이들 약제를 유충에 처리했을 경우에 우화된 성충의 산란수나 산란된 알의 부화에 미치는 영향 등을 검토해 볼 필요가 있다고 생각된다.

## 감사의 글

이 연구는 농촌진흥청의 대형공동연구 농업특정연구사업의 지원으로 이루어졌으며, 연구비를 지원해준 당국에 감사드린다. 이 실험의 수행에 많은 도움을 준 곤충생리학연구실 유미임, 김유진 양과 유주, 이승호 군에게 감사한다.

## 인용문헌

- Chang, S. C. (1979) Laboratory evaluation of diflubenzuron, penfluron, and Bay Sir 8514 as female sterilants against the house fly. *J. Econ. Entomol.* 72:479~481.
- Cluck, T. W., F. W. Plapp, Jr., and J. S. Johnston (1990) Genetics of organophosphate resistance in field populations of the housefly (Diptera: Muscidae). *J. Econ. Entomol.* 83(1):48~54.



- Collar, J. L., C. Avilla, M. Duque, and A. Fereres (1997) Behavioral response and virus vector ability of *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) probing on pepper plants treated with aphicides. *J. Econ. Entomol.* 90(6):1628~1634.
- Das, N. G. and V. Vasuki (1992) Potential of four insect growth regulators in housefly control. *Entomol.* 17(1 & 2):65~70.
- Farkas, R. and L. Papp (1991) Monitoring of susceptibility to cyromazine and diflubenzuron in house fly (*Musca domestica* L.) populations in Hungary. *Parasitologia Hungarica* 24:99~107.
- Golubeva, E. G. (1995) Influence of pupal weight on the reproductive characteristics of cabbage moth, *Mamestra brassicae*. *Russian J. Ecology* 26(2):142~144.
- Harwood, R.F. and M.T. James (1979) *Entomology in human and animal health*. 7th ed., Macmillan Publishing Co., Inc. 548pp.
- Ishaaya, I. and S. Yablonsky (1987) Toxicity of two benzoylphenyl ureas against insecticide resistant mealworms. In *Chitin and Benzoylphenyl Ureas* (J. E. Wright and A. Retnakaran, A., eds), pp.131~140. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Ishaaya, I. (1992) Selective insect control agents-mechanisms and agricultural importance. In *Insecticides: Mechanism of Action and Resistance* (D. Otto, and B. Weber., eds), pp.127~133. Athanaeum Press Ltd.
- Knapp, F. W. and F. Herald (1983) Mortality of eggs and larvae of the face fly (Diptera: Muscidae) after exposure of adults to surface treated with Bay Sir 8514 and Penfluron. *J. Econ. Entomol.* 76:1350~1352.
- Lagadic, L., L. Bernard, and W. Leicht (1993) Topical and oral activities of imidacloprid and cyfluthrin against susceptible laboratory strains of *Heliothis virescens* and *Spodoptera littoralis*. *Pesticide Science* 38(4):323~328.
- Lazarus W. F., D. A. Rutz, R. W. Miller, and D. A. Brown (1989) Costs of existing and recommended manure management practices for house fly and stable fly (Diptera: Muscidae) control on Dairy farms. *J. Econ. Entomol.* 82(4):1145~1151.
- Papp, L. and R. Farkas (1994) Monitoring of resistance of insecticides in house fly (*Musca domestica*) populations in Hungary. *Pesticide Science* 40(4):245~258.
- Patterson, R. S., and P. B. Morgan (1986) Factors affecting the use of an IPM scheme at poultry installations in a semitropical climate, pp.101~107. In R. S. Patterson and D. A. Rutz [eds.], *Biological control of muscoid flies*. Miscellaneous Publication 61, Entomological Society of America, Lanham, MD.
- Quintela, E. D. and C. W. McCoy (1995) Effects of imidacloprid on development, mobility and survival of first instars of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 90(4): 988-995.
- Renn N. (1998) The efficacy of entomopathogenic nematodes for controlling housefly infestation of intensive pig units. *Medical and Veterinary Entomology* 12:46~51.
- Rawlins, S. C. and L. Jurd (1981) Influence of the mode of administration of benzylphenols and benzyl-1,3 benzodioxoles- on screwworm fertility. *J. Econ. Entomol.* 74:215~217.
- Rawlins, S. C., D. B. Woodard, J. R. Coppedge, and L. Jurd (1982) Management of an insecticide-resistant house fly (Diptera: Muscidae) population by the strategic use of a benzyphenol chemosterilant. *J. Econ. Entomol.* 75:728~732.
- Rutz, D. A., and J. G. Scott (1990) Susceptibility of muscoid fly parasitoides to insecticides used in dairy facilities, pp. 247-264. In D. A. Rutz and R. S. Paterson [eds.], *Biological control of arthropods affecting livestock and poultry*. Westview, Boulder, CO.
- Saito, K., N. Motoyama, and W. C. Dauterman (1991) Studies on the resistance to various insecticides of a house fly strain (Diptera: Muscidae) selected with azamthiphos. *J. Econ. Entomol.* 84(6):1635~1637.
- 西東 力, 大石剛裕, 池田二三高, 澤木忠雄. (1992) マメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (Burgess)に對する各種殺蟲劑の效力. *日本應用動物昆蟲學會誌* 36(3):183~191.
- Saito, T., T. Oishi, A. Ozawa, F. Ikeda (1995) Effects of temperature and host plants on development and oviposition of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera:

- Agromyzidae). Jap. J. appl. Ent. Zool. 39(2):127~134.
- Scott, J. G., R. T. Roush, and D. A. Rutz (1989) Insecticide resistance of houseflies (Diptera: Muscidae) from New York dairies. J. Agric. Entomol. 6:53~64.
- Shim, J. C., J. S. Lee, H. I. Lee, and H. B. Chai (1977). Evaluation of the toxicity of public health insecticides against housefly (*Musca domestica* L.) in Korea. Report of Korea National Institute of Health 14:177~181.
- Spurgeon, D. W., P. D. Lingera, T. N. Shaver, J. R. Raulston (1995). Realized and potential fecundity of the Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae) as a function of pupal weight. Environ. Entomol. 24(1):94~98.
- Tammaru, T., P. Kaitamiemi, K. Ruohomaki (1996) Realized fecundity in *Epirrita autumnata* (Lepidoptera: Geometridae): relation to body size and consequences to pupal dynamics. Oikos 77(3):407~416.
- Yathom, S., K. R. S. Ascher, S. Tal, and N. E. Nemy (1986) The effect of cyromazine on different stages of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera:Agromyzidae). Israel J. Entomol. 20:85~93.
- 김정화, 이형래, 김병식, 이인환 (1993) 저공해농약 (곤충 발육저해제)의 주요 해충에 대한 살충실험. 충북대학교 농업과학연구 11(1):40~48.
- 박동우, 이종수, 안성규 (1970) 한국 주요 위생해충에 대한 각종 살충제의 효력에 대한 연구 II. 집파리에 대한 각종 살충제의 효력비교. 국립보건연구원보 7:147~150.
- 이한일 (1996) 衛生昆蟲學 제 6판. 高文社. pp.391.
- 최병렬 (1998) 벼멸구 및 복숭아혹진딧물에 대한 Imidacloprid의 작용특성과 저항성 기작에 관한 연구. 경상대학교 박사학위논문 (인쇄중)
- 추호렬, 김형환, 이동운, 박영도 (1996) 곤충병원선충과 곰팡이를 이용한 농가화장실 파리의 미생물적 방제. 한국응용곤충학회지 35(1):80~84.

---

**Effects of several insect growth regulators on the development of housefly, *Musca domestica* L., larvae**  
 Chung-Gyoo Park (Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju, Gyeongnam 660-701, Korea)

**Abstract :** Laboratory tests were carried out to evaluate the effect of several insecticides with insect growth regulator (IGR) properties on the larval development of housefly, *Musca domestica*, which was collected at a large pigpen in Hamyang, Gyeongnam, Korea in 1997. Commercial formulations of the chemicals were diluted with tap water into a range of concentrations, and mixed with larval media. In addition to the IGRs, imidacloprid 5% WP was tested, too. The IGRs treated at the 2nd instar stage induced higher larval mortalities than percentages of malformed pupae. The result were, however, opposite when the IGRs were treated at the 3rd instar stage. Overall mortality resulting from larval death and malformed pupae was dependent on concentration. Diflubenzuron, teflubenzuron, triflumuron, flufenoxuron, tebufenozide, and imidacloprid, treated to the 2nd instar larvae, showed mortality over 95% at concentrations of 5 ppm, 3 ppm, 30 ppm, 5 ppm, over 1000 ppm, 1000 ppm, respectively. Higher concentrations were needed to get the same level of mortality in the 3rd instar larvae as that in the 2nd larvae. Overall mortality over 95% at the 3rd instar could be get at concentrations of 100 ppm, 10 ppm, 300 ppm, 10 ppm of diflubenzuron, teflubenzuron, triflumuron, flufenoxuron, respectively. Tebufenozide (1,000 ppm) and imidacloprid (300 ppm) were less effective than the other chemicals, showing only 36.7% and 86.7% mortalities, respectively. The chemicals also affected pupal weight at high concentrations. Decrease of pupal weight was distinct at high concentrations of teflubenzuron, flufenoxuron, tebufenozide, imidacloprid. Diflubenzuron and triflumuron were less effective. From these results it could be concluded that the IGR insecticides can be used as control agents by interfering with moulting and pupation process of housefly, by reducing pupal weight which could be resulted in low fertility and less oviposition.

---

\*Corresponding author (Fax : +82-597-751-6113, E-mail : parkcg@nongae.gsnu.ac.kr)