

유충의 먹이에 처리한 IGR계 살충제가 집파리의 성충과 부화율에 미치는 영향

박정규* · 김두호¹

경상대학교 농과대학 식물자원환경학부(농어촌개발연구소), ¹농촌진흥청 연구관리국

요약 : 집파리(*Musca domestica*) 3령 유충의 먹이에 imidacloprid (30, 100 ppm)와 IGR계 살충제인 flufenoxuron (3, 10 ppm), triflumuron (10 ppm) 및 teflubenzuron (3 ppm) 등을 섞어주었을 때, 이들 약제가 번데기의 무게, 성충의 수명, 산란수, 산란된 알의 부화율 등에 미치는 영향을 실험실에서 검토하였다. Imidacloprid 100 ppm을 처리하였을 때 번데기의 무게는 감소하였으나 산란수에는 차이가 없었으며, flufenoxuron 10 ppm을 처리하였을 때는 무처리나 다른 처리에 비해서 번데기 무게가 감소하고 산란수도 감소하였다. 그러나 처리한 약제의 종류나 농도에 관계없이 우화한 성충의 수명이나 그 성충이 낳은 알의 부화율에는 아무런 영향이 없었다.(1999년 1월 18일 접수, 1999년 4월 30일 수리)

Key words : housefly, insect growth regulators, longevity, fecundity, egg viability.

서론

곤충생장조절물질 (Insect growth regulators: IGRs)은 해충방제에 있어서 새로운 접근방식을 제공해주고 있다고 할 수 있다 (Howard와 Wall, 1995b). 이들 IGRs은 곤충의 신경계에 직접 작용하는 제1세대 및 제2세대 농약과는 달리 목적 해충의 생장이나 발육을 저해하거나 (Fisk와 Wright, 1992; 박, 1998) 성충에 불임을 유발하며 (Gordon 등, 1989; Elek과 Longstaff, 1994; Howard와 Wall, 1995a), 목표 해충에 대한 선택독성이 높고, 카바메이트계나 합성피레스로이드계 등의 살충제에 저항성인 해충에도 방제효과가 있기 때문에 (Farkas와 Papp, 1991), IGRs을 이용하여 집파리 뿐만 아니라 여러 가지 농업해충을 방제하고자 많은 연구가 이루어지고 있다. 박(1998)은 5종의 IGRs계 살충제와 imidacloprid를 집파리 유충의 먹이에 섞어주었을 때 농도가 증가할수록 유충의 치사율이 높아지고 번데기의 무게가 감소한다고 하였는데, 일반적으로 유충이나 번데기 무게의 감소는 여기서 우화하는 성충의 산란수를 감소시키는 경향이 있다(Saito 등, 1995;

Tammaru 등, 1996; Nilssen, 1997). 또한 IGRs을 곤충의 어떤 발육단계에 처리하면 살아남은 성충의 산란수나 알의 부화율에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 즉, 톱다리개미허리노린재의 성충(Kim 등, 1992), 고자리파리의 성충(Turnbull, 1982), cabbage maggot의 번데기(Gordon 등, 1989), screwworm의 성충(Crystal, 1968; 1971)이나 유충(Rawlins와 Jurd, 1981), face fly와 집파리의 성충(Rawlins 등, 1982; Knapp와 Herald, 1983)에 이들 약제를 처리하면 성충의 수명이나 산란수, 산란된 알의 부화율에 영향을 미친다고 하였다. 따라서 본 실험은 집파리의 3령 유충에 처리한 IGRs 농약이 성충의 수명, 산란수 및 알의 부화율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

실험약제

실험에 사용된 약제는 imidacloprid(1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitro-imidazolidin 2-ylidene-amine) 5% 수화제, flufenoxuron(1-[4-(2-chloro-*a, a, a*-trifluoro-p-tolyloxy)2-fluorophenyl]-3-(2,6-difluorobenzoyl)urea) 5%

*연락처자

분산성액제, triflumuron(1-(2-chloro-benzoyl)-3-(4-trifluoromethoxyphenyl)urea) 25% 수화제, teflubenzuron(1-(3,5-dichloro-2,4-difluorophenyl)-3-(2,6-difluoro-benzoyl)urea) 5% 액상수화제의 4종으로서, 시중에서 제품을 구입하여 사용하였다.

실험곤충

집파리(*Musca domestica*)는 1997년 4월 경남 함양군의豚舍에서 채집한 집파리를 25℃ 내외의 실험실에서 유충의 먹이로 '어린병아리용사료' (제일제당주식회사)와 톱밥을 1:1(v/v)로 섞어서 사육하였으며, 사육 방법은 박(1998)과 동일하였다.

약제의 처리

80g의 유충사료 (톱밥과 병아리사료를 2:1로 섞은 것)에 각 농도로 조절된 약액 80ml를 섞어주었다. 약액은 유효성분의 ppm 단위로 수돗물에 시판 농약을 희석하였다. 조제된 먹이를 반투명 PVC컵 (Ø58 mm×57 mm)에 넣고 3령 초기의 유충을 각각 25마리씩 접종하였다. 3령충은 2령충보다 다루기가 쉽고, 3령에 약제를 처리하더라도 번데기 무게에 미치는 영향을 충분히 얻을 수 있었기에(박, 1998) 3령을 대상으로 실험하였다. 먹이가 쉽게 건조되는 것을 막고, 수분을 공급할 때 약제가 희석되는 것을 막기 위해서 유충을 접종한 후 물에 적신 거친 톱밥을 약 1cm 두께로 덮어주었다.

Imidacloprid는 30 ppm과 100 ppm, flufenoxuron은 3 ppm과 10 ppm, triflumuron은 10 ppm, teflubenzuron은 3 ppm의 농도로 희석하였고 무처리는 수돗물을 사용하였다. 이들 약제의 농도는 이전의 실험(박, 1998)에서 유충기간 중의 사망이나 기형번데기의 형성에 의한 총사망율이 13.3~100% 되는 농도이다. 약제 및 농도별로 4반복으로 실험하였다.

번데기의 무게조사

무처리의 유충이 모두 용화된 후, 각 처리에서 正常蛹과 畸形蛹의 수를 조사하였다. 각 처리에서 正常蛹을 물에 담가 표면에 붙은 이물질을 제거하고, 표면의 수분이 완전히 건조된 후 chemical balance (AND, Model MH-200)로 번데기의 무게를 조사하였다.

산란수와 성충수명의 조사

무게 조사를 끝낸 번데기를 물에 축축히 적신 톱밥을 채운 반투명의 PVC컵 속에 묻어 성충으로 우화시켰다. 우화한 성충을 이산화탄소로 마취시킨 후 암수의 비율을 10:15로 하여 둥근 플라스틱 통 (Ø14 mm×68 mm) 안에 넣었다. 성충의 먹이점 산란장소로서 분유와 설탕을 각 5%로 수돗물에 희석하여 소형 PVC컵에 담고, tissue paper를 구겨서 그 용액에 적셔주었다. 이렇게 하면 집파리 성충은 tissue paper의 틈새에 정상적으로 산란할 수 있었다. 이 실험은 2회 실시하였는데, 성충을 접종한 후 시험1에서는 우화후 8일까지, 시험 2에서는 우화후 16일까지 매일 성충의 생존 여부와 산란수를 조사하였다.

부화율 조사

위의 실험에서 산란된 알을 2~3회 (우화 5, 7, 8, 또는 11일 후에 산란된 알) 채취하여 부화율을 조사하였다. 산란 당일 플라스틱 petri-dish (Ø87 mm×15 mm)에 물에 적신 filter paper (Ø90 mm, Whatman No. 2)를 깔고 그 위에 부드러운 붓으로 20개의 난을 배열하고, 산란 2일 후까지 부화여부를 해부현미경 하에서 조사하였다. 각 처리별로 조사된 알의 수는 20~200개였다.

이상의 모든 실험은 25±0.5℃, 16L:8D 조건의 항온기 내에서 수행하였다.

결과 및 고찰

산란수

Imidacloprid와 flufenoxuron을 3령 유충의 먹이에 섞어주었을 때 살아남아 우화한 파리의 산란수는 처리간에 차이가 없었다(표 1). 즉, imidacloprid 100 ppm을 유충에 처리하였을 때 1, 2차 실험에서 모두 번데기의 무게는 무처리나 다른 처리에 비하여 낮아졌으나 산란수는 차이가 없었다. 그러나 flufenoxuron 10 ppm을 처리하였을 때는 번데기의 무게가 3 ppm 처리하였을 때의 약 1/2로 감소하였고, 우화 후 8일간의 산란수도 현저히 줄었다. 이와 같이 유충기에 약제를 처리하였을 때 번데기의 무게가 감소하는 것은 이전의 실험(박, 1998)과 동일한 경향이였다.

Table 1. Effect of some insecticides treated via the 3rd larval rearing medium on pupal weight and oviposition of house fly

Test No.	Insecticide	Concentration (ppm)	n	Pupal weight ^{a)} (mg/pupa)	No. eggs ^{a)} (laid/♀/day)
Test I	Imidacloprid	30	94	21.7±0.9a ^{b)}	11.3±8.5a
	Imidacloprid	100	81	18.5±1.3b	8.0±8.2a
	Control		95	22.6±0.3a	11.4±4.4a
Test II	Imidacloprid	30	101	20.1±0.6a	16.9±3.0a
	Imidacloprid	100	98	14.7±0.2b	14.0±2.5a
	Flufenoxuron	3	99	20.0±0.9a	17.0±2.6a
	Flufenoxuron	10	76	9.5±0.8c	7.9±4.7b

^{a)}Mean ± SD

^{b)}Means followed by the same letter in the same column in each test are not significantly different (P<0.05, SAS Institute 1989).

Table 2. Effect of some insecticides treated via the 3rd larval rearing medium on adult longevity of house fly

Insecticide	Concentration (ppm)	n	Logevity (days ± SD)
Imidacloprid	30	40	12.9±1.2 a
	100	31	12.6±1.3 a
Flufenoxuron	3	40	12.8±1.1 a
	10	13	13.7±1.1 a
Triflumuron	10	38	11.9±3.6 a
Teflubenzuron	3	7	12.4±2.1 a
Control		40	13.5±1.3 a

^{a)}Means followed by the same letter are not significantly different (P<0.05, SAS Institute 1989).

Fisk와 Wright(1992)는 거세미나방류 (*Spodoptera exempta*와 *S. littoralis*)의 3령충을 teflubenzuron에 처리한 옥수수잎에 탈피하기 전 48시간 동안 노출시켰을 경우 4령충의 무게가 무처리만큼 증가하지 않았고, 이러한 영향은 처리농도에 비례한다고 하였다. 또 sugarcane borer(*Diatraea saccharalis*)의 임성(fecundity)은 번데기의 무게와 정의 상관관계가 있으며(Bessin과 Reagan, 1990), Nilssen(1997)은 여러 가지 온습도 조건에서 파리의 일종인 *Hypoderma tarandi*를 사육한 결과 산란수는 유충의 크기와 어느 정도 관계가 있다고 하였다. Gordon 등(1989)은 diflubenzuron을 cabbage maggot의 유충에 처리하였을 때 성충으로의 우화나 임성에 영향이 없었으나 번데기에 처리하였을 때는 임성이 크게 감소했다고 하였다. 이러한 결과로 볼 때 본 실험에서 flufenoxuron 10 ppm 처리에서 산란수가 감소한 것은 성충에 대한 약제의 직접적인 영향이기보다는 번데기의 무게 감소에 의하여 산란수가

줄어든 것으로 생각된다.

성충의 수명

표 2는 imidacloprid와 몇가지 IGR 약제를 3령 유충의 먹이에 섞어주었을 때 우화한 성충의 수명을 나타낸 것이다. 성충의 수명은 처리한 약제의 종류나 농도에 관계없이 11.9~13.7일로서 처리간에 통계적인 유의차가 없었다. 성충의 크기는 결국 그 이전 단계인 유충이나 번데기의 크기에 의해 결정된다고 할 수 있는데, Nilssen (1997)은 *Hypoderma tarandi* 성충의 수명은 유충의 크기와 관계가 없다고 하여 본 실험과 같은 결과라고 생각된다. 그러나 Robb와 Parella(1984)는 methoprene을 아메리카잎굴파리의 1령충에 처리하였을 때는 고농도(239.7 g AI/물100 l)에서만 불임효과가 있으나, 3령유충 (third-stage larvae)에 methoprene이나 Ro 13-5223 ((ethyl 2-p-phenoxyphenoxy) ethyl) carbamate)을 처리하였을 때는 모든 처리농도에서 성

Table 3. Effect of some insecticides treated via the 3rd larval rearing medium on hatchability of house fly eggs

Insecticide	Concentration (ppm)	n	Hatchability (% ±SD)
Imidacloprid	30	200	97.4 ± 2.5 a
	100	160	95.3 ± 3.0 a
Flufenoxuron	3	280	100.0 a
	10	40	100.0 a
Triflumuron	10	140	93.8 ± 4.3 a
Teflubenzuron	3	20	100.0 a
Control		180	92.7 ± 4.1 a

^{a)}Means followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$, SAS Institute 1989). The percentage hatchability was transformed into $\text{arc-sine} \sqrt{}$ before ANOVA.

충의 수명이 짧아지고 산란된 알의 부화율이 감소한다고 하였다. 따라서 유충에 처리한 약제의 영향은 약제의 종류와 농도, 실험충의 종류와 발육단계 등에 따라 수명에 미치는 영향이 다를 것으로 생각된다.

F₁ 알의 부화에 미치는 영향

표 3은 몇가지 약제를 3령 유충의 먹이에 섞어주었을 때 F₁ 세대 알의 부화율에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 처리한 약제의 종류나 농도에 관계없이 성충이 낳은 알의 부화율에는 영향이 없었다. 즉, 무처리 알의 부화율이 92.7%이었는데 약제를 처리하였을 경우의 부화율이 이보다 같거나 오히려 높게 나타났다. 따라서 유충에 처리한 이들 약제는 유충에 대한 치사효과나 번데기의 무게를 감소시키는 효과는 있지만 (박, 1998) 그 다음 세대의 난의 부화에는 영향이 없는 것으로 나타났다.

Crystal (1968, 1971)은 *N,N'*-tetramethylenebis(1-aziridinecarboxamide)를 유충먹이에 섞어주었을 때는 screwworm fly (*Cochliomyia hominivorax*)에 불임을 일으키지 않지만 성충에 처리하였을 때는 불임을 유발한다고 하였고, Gordon 등(1989)은 diflubenzuron을 유충에 국소처리 하였을 때 성충우화나 그 성충의 임신에는 영향이 없었으나 번데기에 1 μ g을 처리하였을 때에는 성충우화가 억제되고 산란수가 감소하였으며, 산란된 알의 부화율이 감소하였다고 하였다. 그러나 Rawlins와 Jurd(1981)는 A13-70691 (2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-6-(4-methoxy-phenylmethyl) phenol) 등 5종의 IGR을 screwworm fly의 유충 먹이에 섞어주었을 때 성충에 불임을 일으킨다고 하였으며, 특히

A13-70691이 가장 효과가 좋았으며, 20 ppm에서도 알의 부화율이 4%까지 감소하였다고 하였다. 또한 西東 등(1992)은 flufenoxuron (처리농도 0.18~3.13 ppm)과 cyromazine (처리농도 2.93~11.72 ppm)을 아메리카잎굴파리의 유충에 처리하였을 경우 처리농도가 증가할수록 성충이 생산하는 유충의 수가 감소하기 때문에 유충에 처리한 이들 약제가 성충에 대해 불임효과가 있다고 하였다. Kim 등(1992)은 또한 diflubenzuron을 톱다리개미허리노린재의 성충에 처리하였을 때 성충의 수명이 짧아지고 산란수와 알의 부화율이 감소한다고 하였는데, 산란수의 감소는 이 약제에 의해서 난소의 발육이 억제되기 때문이라고 하였다. 점박이응애의 경우에 있어서도 제2약충에 flufenoxuron을 단독으로 또는 alphacypermethrin과 혼합하여 처리하였을 때 산란수는 차이가 없었으나 산란된 알의 활력이 상당히 감소한다고 하였다(Ahn 등, 1993). 이러한 연구 결과들을 볼 때 곤충의 유충에 IGR계의 살충제를 처리하였을 때 성충의 임신이나 알의 생명력에 미치는 영향은 실험충의 종류, 약제의 종류와 처리하는 발육 단계에 따라서 달리 나타남을 알 수 있다.

이상의 실험결과로 볼 때 집파리 유충에 IGR계 농약을 살포하면 유충기간 중의 치사율을 높여주고 정상적인 용화과정을 저해하며(박, 1998), 살아남은 개체에 있어서도 처리농도에 따라서는 번데기의 무게를 감소시켜 산란수가 줄어들 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 산란수의 감소정도가 크지 않아 산란수 감소에 의한 방제효과를 기대하기는 어렵고 유충에 대한 직접치사나 성충에 대한 불임효과 (Rawlins 등, 1982; Howard와 Wall, 1995a)에 의한 방제를 목표로 해야

할 것으로 생각된다. 더욱이 유충에 처리한 약제는 살아남은 개체의 성충의 수명이나 산란된 알의 부화율에 영향이 없기 때문에 더욱 그러하다고 할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 농촌진흥청의 대형공동연구 농업특정연구사업으로 수행된 연구내용의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

인용문헌

- Ahn, Y. J., M. Kwon, J. K. Yoo and S. J. Byun (1993) Toxicity of flufenoxuron alone and in mixture with alphacypermethrin or fenbutatin oxide to *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari:Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 86(5):1334~1338.
- Bessin, R. T. and T. E. Reagan (1990) Fecundity of sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae), as affected by larval development on gramineous host plants. Environ. Entomol. 19(3):635~639.
- Crystal, M. M. (1968) Sexual sterilization of the screwworms by *N,N'*-tetramethylenebis(1-aziridine-carboxamide):influence of route of administration. J. Econ. Entomol. 61:134~139.
- Crystal, M. M. (1971) Sexual sterilization of the screwworm flies by *N,N'*-tetramethylene-bis(1-aziridine-carboxamide): further studies on influence of route of administration. J. Med. Entomol. 8:304~306.
- Elek, J. A. and B. C. Longstaff (1994) Effect of chitin-synthesis inhibitors on stored-product beetles. Pestic. Sci. 40(3):225~230.
- 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.
- Fisk, T. and D. J. Wright (1992) Comparative studies on acylurea insect growth regulators and neuroactive insecticides for the control of the armyworm *Spodoptera exempta* Walker. Pestic. Sci. 35(2):175~182.
- Gordon, R., T. L. Young, M. Cornect, and D. K. Hong (1989) Effects of two insect growth regulators on the larval and pupal stages of the cabbage maggot (Diptera: Anthomyiidae). J. Econ. Entomol. 82(4):1040~1045.
- Howard, J. and R. Wall (1995a) The use of triflumuron on sugar-baited targets for autosterilization of the housefly, *Musca domestica*. Entomol. Exp. Appl. 77(2):159~165.
- Howard, J. and R. Wall (1995b) The effects of triflumuron, a chitin synthesis inhibitor, on the housefly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). Bull. Entomol. Res. 85(1):71~77.
- Kim, G. H., Y. J. Ahn and K. Y. Cho (1992) Effects of diflubenzuron on longevity and reproduction of *Riptortus clavatus* (Hemiptera: Alydidae). J. Econ. Entomol. 85(3):664~668.
- 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 fenfluron. J. Econ. Entomol. 76:1350~1352.
- Nilssen, A. C. (1997) Factors affecting size, longevity and fecundity in the reindeer oestrid flies *Hypoderma tarandi* (L.) and *Cephenemyia trompe* (Modeer). Ecological Entomol. 22(3):294~304.
- 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 benzylphenol chemosterilant. J. Econ. Entomol. 75:728~732.
- Robb, K. and M. P. Parrella (1984) Sublethal effects of two insect growth regulators applied to larvae of *Lorimyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 77:1288~1292.

- Saito, T., T. Oishi, A. Ozawa and 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.
- SAS Institute (1989) SAS/STAT user's guide, version 6.12. SAS Institute, Cary, NC.
- Tammaru, T., P. Kaitaniemi and K. Ruohomaki (1996) Realized fecundity in *Epirrita autumnata* (Lepidoptera: Geometridae): relation to body size and consequences to pupal dynamics. Oikos 77(3):407~416.
- Tumbull, S. A. (1982) The effects of several insect growth regulators on the development of the onion maggot, *Hylemya antiqua* (Meigen), and the cabbage maggot, *Hylemya brassicae* (Wiedmann). M.S. thesis, University of Guelph, Guelph, Ont.
- 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)에 對する 各種 殺蟲劑의 效力. 日本應用動物昆蟲學會誌 36(3):183~191.
- 박정규 (1998) IGR계 살충제가 집파리 유충의 발육에 미치는 영향. 농약과학회지 2(3):137~146.

Effects of some insect growth regulators on adult and egg viability of the house fly, *Musca domestica* L. applied via larval medium

Chung-Gyoo Park* and Doo-Ho Kim¹(Division of Plant Resources and Environment, College of Agriculture, Gyeongsang National University, 660-701 Chinju, Korea, and ¹Research Management Bureau, Rural Development Administration, 441-707 Suwon, Korea)

ABSTRACT : Sublethal effects of imidacloprid (30 and 100 ppm) and insect growth regulators; flufenoxuron (3 and 10 ppm), triflumuron (10 ppm), and teflubenzuron (3 ppm), were tested by treatment via larval rearing medium of a housefly, *Musca domestica*, in laboratory. Pupal weight was significantly reduced by treatment to the 3rd larvae with high concentrations of imidacloprid (100 ppm) and flufenoxuron (10 ppm), and the adults that survived the flufenoxuron 10 ppm treatment deposited significantly fewer eggs compared with controls and other treatments. Adult longevity and egg viability, however, were not affected by any of the treatments.

*Corresponding author (Fax:+82-591-751-6113, E-mail:parkcg@nongae.gsnu.ac.kr)