

주요 작물 몇 가지 병해충에 대한 수익역치 추정

박흥현* · 예완해¹ · 박형만

농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 농업해충과, ¹농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 식물병리과

Gain Threshold Estimation for Some Pests in Major Crops

Hong-Hyun Park*, Wan-Hae Yeh¹ and Hyung-Man Park

Applied Entomology Division, Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea

¹Plant pathology Division, Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to examine the problems that would arise in our cropping systems when introducing Gain Threshold (GT) which is an important element in determining Economic Injury Level (EIL). Gain Threshold (GT) can be defined as the amount of damage (= yield loss) to justify management, and calculated by dividing the management costs by the market crop price. GTs for some pests in rice, soybean, and greenhouse vegetable crops cultivation were estimated and also compared with those in foreign countries. GTs and percentage of yield loss equivalent to them were estimated to be 4.6-6.1 kg/10a/season and 1.0-1.3% for brown planthopper, white-backed planthopper, rice water weevil, and sheath blight, whereas for rice blast in rice cultivation were 12.7 kg/10a/season and 2.7%. In soybean cultivation, the values for bean bug were 6.2 kg/10a/season and 3.6%. GTs and percentage of yield loss estimated for melon thrips, whitefly, and downy mildew in cucumber cultivation were 10.0-12.6 kg/10a/week, 1.4-1.7%, and the values for two spotted mite and gray mildew in strawberry cultivation were 3.1-3.5 kg/10a/week, 1.3-1.5%, and the values for American leaf minor, whitefly, and gray mold in tomato were 8.4-9.7 kg/10a/week, 1.7-1.9%. Overall GTs in our cropping systems were so low compared to those in foreign countries, which meant that the low GTs might yield the low EILs. Therefore, we could suggest that prior to direct introduction of GTs calculated from current cultivation systems in developing EILs it is necessary to seriously consider reasonable values of GTs or the yield loss equivalents to them.

KEY WORDS : Economic Injury Level, Gain Threshold, Disease, Insect Pests

초 록 : 본 연구는 경제적피해수준 설정시 병해충 방제의 경제성을 결정하는 수익역치 개념을 우리나라 농업생산환경에서 적용함에 있어서 일어날 수 있는 문제점들을 검토해 보고자 수행되었다. 수익역치는 방제를 정당화할 수 있는 손실량을 의미하며, 병해충 방제에 소요되는 비용을 농산물 가격으로 나눈 값이다. 본 연구는 우리나라의 벼, 콩, 시설 채소작물의 몇몇 병해충을 대상으로 수익역치를 계산하고, 외국 문헌들에서 보고된 값들과 비교하였다. 벼에 있어서 벼멸구, 흰등멸구, 흑명나방, 벼물바구미, 잎집무늬마름병의 GT값과 그에 상응하는 수량감소율은 4.6-6.1 kg/10a/작기, 1.0-1.3%, 도열병은 12.7 kg/10a, 2.7% 수준이었다. 콩의 톱다리개미허리노린재는 6.2 kg/10a/작기, 3.6% 수준이었다. 시설재배 채소의 경우, 오이의 오이총채벌레, 온실가루이, 노균병은 10.0-12.6 kg/10a/주, 1.4-1.7%, 딸기의 점박이응애, 잭빛곰팡이병은 3.1-3.5 kg/10a/주, 1.3-1.5%, 토마토의 아메리카잎굴파리, 온실가루이, 잭빛곰팡이

*Corresponding author. E-mail: hhpark@rda.go.kr

8.4-9.7 kg/10a/주, 1.7-1.9% 수준이었다. 우리나라 환경에서 추정된 GT값들이 전반적으로 외국에서 보고된 값들과 비교했을 때 낮은 수준이었다. 낮은 GT값들은 EIL을 낮게 설정 되도록 한다. 따라서 EIL 설정시 현재의 재배환경에서 계산된 GT 값을 바로 도입하기 전에, 이 값들이 합리적인가에 대해 진지하게 고려해야 한다는 것을 제안한다.

검색어 : 경제적 피해수준, 수익역치, 병, 해충

종합적 유해생물 관리(IPM)는 어느 정도의 병, 해충, 잡초의 존재는 허용할 수 있다는 것을 전제로 하고 있으며, 경제적 피해수준(Economic Injury Level, 이하 EIL)은 IPM개념 발달의 기초가 되었다(Hyun, 2005). EIL은 IPM 실행에 있어서 방제 의사결정을 하는 과정에서 고려해야 할 가장 중요한 요소로 자리를 잡았으며, 21세기에도 현장 전문가들에서 가장 많이 사용될 기술로 꼽히고 있으며 (Allen and Rajotte, 1990), 세계적으로 많은 작물에서 그 기준들이 설정되어 약제사용을 줄이는데 상당한 기여를 하고 있다고 평가되고 있다(Whalon and Croft, 1984; Way *et al.*, 1991; Peterson, 1996; Nakasuji, 1997).

EIL은 “경제적 손실(Economic damage)을 일으키는 최저의 해충 개체군 밀도”라 정의되며, 여기서 경제적 손실이란 “인위적인 방제수단에 필요한 비용, 즉 방제비에 상응하는 해충에 의한 피해량”이라고 정의 할 수 있다 (Stern *et al.*, 1959; Pedigo *et al.*, 1986). 이러한 해충 방제의 경제성을 구체화시킨 개념이 EIL을 결정하는 요소중의 하나인 수익역치(Gain Threshold, 이하 GT)로 “방제수단이 적용될 경우 대상 작물에서 경제적으로 허용할 수 있는 최대 수량손실”로 방제 비용과 농산물 가격에 따라 그 수준이 결정된다(Stone and Pedigo, 1972; Andow and Kiritani, 1983; Adachi and Nakasuji, 1985; Higley and Pedigo, 1996).

해충 개체군 밀도가 EIL에 달하는 것을 막기 위하여 실제로 방제할 시점의 해충 개체군 밀도를 나타내는 용어 중에서 경제적피해한계(Economic Threshold, 이하 ET)와 요방제밀도(Control Threshold, 이하 CT)가 같이 사용되어 왔으며, 우리나라에서는 요방제밀도라는 용어가 실용화되어 있다(Hyun, 2005). 그러나, 문헌에 소개된 ET나 CT의 설정과정을 보면 GT를 포함하느냐에 따라 큰 차이를 발견할 수 있다. 일반적으로 ET를 설정하는 데는 Fig. 1과 같이 첫 단계로 작물과 해충 밀도간의 피해 관계를 규명하고, 두번째로 방제비용과 농산물가격을 반영하여 GT를 계산하고, 세번째로 피해계수, GT, 방제효율들을 포함시켜 EIL를 계산하고, 마지막으로 EIL의 75-80% 수

준에서 ET를 결정하였다(Stone and Pedigo, 1972; Chen and Cheng, 1978; Baustista *et al.*, 1984; Yan *et al.*, 1992; Naranjo *et al.*, 1996; Shipp *et al.*, 1998; Ye and Zhu, 1999; Shipp *et al.*, 2000; Hermoso De Mendoza *et al.*, 2001). 반면, CT 설정에서는 ET설정 과정의 두번째, 세번째 단계가 생략하고, 첫번째 단계의 회귀식에서 수량 감소를 5% 수준으로 정한 다음 이 수준에 해당되는 밀도나 발생 정도를 CT값으로 결정하여 생산경제의 개념이 포함된 EIL의 개념과는 다소의 차이가 있다(Koyama, 1979; Kojima and Emura, 1980; Tsuzuki *et al.*, 1983; Kawai, 1986; Kubota and Takahashi, 1986; Sawaki and Sato, 1986; Yano *et al.*, 1986; Yoshizawa, 1996; Kawamura and Izumi, 1998).

우리나라에서는 벼멸구, 흰등멸구, 응애류 대해 요방제 밀도가 전문가의 경험에 의해 설정되어 이용되어 왔었지만, 최근에 대학, 연구 기관 등에서 주요 작물의 병해충, 잡초에 대해서 개관적인 실험을 바탕으로 한 EIL/ET를 설정하는 연구가 활발히 진행되고 있다(MAF, 2004; NIAST, 2006). 그러나, 이러한 방제수준설정은 외국의 사례들에서 보았듯이 해충 방제의 경제성을 고려하느냐, 하지 않느냐, 또는 어느 수준에서 고려하느냐에 따라 크게 영향을 받을 수 있다. Stone과 Pedigo (1972)에 의해 일반

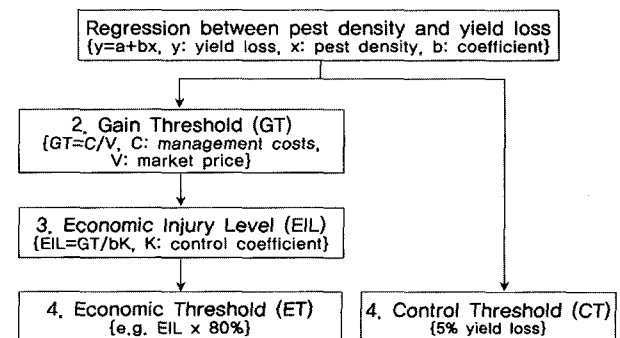


Fig. 1. General Procedures in determining economic threshold (ET) and control threshold (CT).

적인 EIL 계산식이 소개된 이후, 많은 EIL들이 이 식을 이용하여 설정되어 왔지만, 그 속에 포함된 GT 자체에 대한 논의나 비교 분석 연구는 아직까지 없었다. 본 연구에서는 우리나라 주요 작물에서 몇가지 병해충들을 대상으로 GT값을 계산해보고, 또 외국의 경우와 비교하면서 우리나라에서 EIL/ET 설정 시 고려해야 될 점들에 대해 고찰하고자 한다.

재료 및 방법

방제 비용 및 농산물 가격

방제비용 산출을 위한 약제선정 및 판매단가는 한국작

물보호협회 농약통계자료(KCPA, 2006a)를 이용하였고, 농약 살포량의 경우 벼는 농약사용지침서(KCPA, 2006b)에 따랐고, 기타 작물들은 주산지 작목시험장, 농업기술센터의 전문가, 농민들의 설문을 통해서 얻은 것을 이용하여 10a당 평균 살포량을 결정하였는데, 1회 살포시 콩과 시설 딸기에서는 80리터, 시설 오이, 토마토에서는 150리터를 살포하는 것으로 하였다. 그리고 이들 약제의 제형별 살포비용은 Park 등(2002)의 자료를 이용하여 추산하였다. 벼의 도열병과 콩의 톱다리개미허리노린재는 2회 살포량을 기준으로 방제비용을 산출하였고, 나머지 작물의 병해충에 대해서는 1회 방제에 대한 방제비용을 산출하였다 (Table 1).

벼의 생산량과 가격자료는 국립농산물품질관리원 농업통계정보(NAQS, 2006)중에서 '01-'05년까지 자료를 이

Table 1. Pesticides item names and management costs which are used in calculating GTs for major pests in rice, soybean, and greenhouse vegetables

Crop	Pests	Item names	Costs (won/10a)
Rice	Brown Planthopper	bro-M WP, buropi DP, buropi WP, BP EC, imidachloprid.methoxyfenozide WP, imidachloprid.tebufenozide WP, clothianidin.bensultap WP, carbo GR, carbosulfan 3GR, cartap.buprofezin WP	11,160 (7,570-13,570)
Rice	White backed planthopper	dasuzin EC, dasuzin GR, PAP EC, BP EC, chlome EC, carbo GR	9,720 (7,200-11,420)
Rice	Rice leafhopper	chlome EC, methoxyfenozide SC, bensultap WP, cartap SP, cartap GR, tebufenozide WP, imidachloprid.methoxyfenozide WP, imidachloprid.tebufenozide WP, cartap.buprofezin WP	11,360 (8,190-13,570)
Rice	Rice water weevil	benz 3GR, thiacloprid GR, carbo GR, carbosulfan 3GR, fenthion EC, fiproni FG	8,990 (7,250-10,930)
Rice	Rice blast	IB GR, IB EC, ferimzone.trizol WP, edifen EC, isoran EC, isoran GR, trizol WP, carpropamid 15SC, gard WP	24,590 (20,600-31,500)
Rice	Sheath blight	difenoconazole.propiconazole EC, validamycin-A SL, carbenda.ipro SC, pencycuron WP, pencycuron SC, polyoxin D WP, flutoniol EC, hexaconazole EC	11,770 (10,720-13,570)
Soybean	Bean bug	clothianidin SC, ethofenprox.dasuzin WP, ethofenprox EC, ethofenprox EW	22,830 (21,950-23,950)
Greenhouse Cucumber	Melon thrips	clothianidin SC, chlorfenapyr SC, acetamiprid SP, dinotefuran WP, thiacloprid SC, imidachloprid.methiocarb WP, thiamethoxam WG	15,450 (13,510-17,470)
Greenhouse Cucumber	Whitefly	pyriproxyfen EC, clothianidin.buprofezin SC, ethofenprox.tebufenozide EC, acetamiprid.buprofezin EC, spiromesifen SC, spinosad EC, methoxyfenozide.buprofezin WP, dinotefuran WG	16,950 (12,820-22,350)
Greenhouse Cucumber	Downy mildew	azoxystrobin SC, metasyldong WP, iprovalicarb.zoxamide WP, fenamidone.cymoxanil WP, fosetyl-Al WP, oxadixyl WP, famoxadone.cymoxanil SC, cymoxanil.mancozi WP, cymoxanil.famoxadone WG	19,450 (14,770-22,720)
Greenhouse Strawberry	Two spotted mite	milbemectin EC, flufenoxuron DC, fenpyroximate SC, abamectin EC, spiromesifen SC, etoxazole SC	14,960 (12,170-18,750)
Greenhouse Strawberry	Gray mold	propa WP, fludioxonil SC, diethofencarb.carbenda WP, fenhexamid WP, boscalid WG, pyrimethanil SC, dichlone WP, fenhexamid.iminoctadin tris (albesilate) WP, propa.diethofencarb WP, diethofencarb.thiophanate-methyl WP	13,200 (11,040-15,290)
Greenhouse tomato	American leaf miner	thiamethoxam WG, emamectin benzoate EC, spinosad WG	19,950 (14,110-24,000)
Greenhouse tomato	Whitefly	pyriproxyfen EC, thiamethoxam WG, acetamiprid WP, spinosad WG	17,320 (13,870-21,750)
Greenhouse tomato	Gray mold	propa WP, fludioxonil SC, diethofencarb.carbenda WP, fenhexamid WP, dichlone WP, iminoctadin tris (albesilate) WP, polyoxin SP, tebuconazole.tolyfluanid WP, pyrimethanil.chlorotalonil SC, fluquinconazole.pyrimethanil SC	19,850 (15,370-25,120)

용하였다. 콩의 생산량과 가격자료는 농촌진흥청 소득분석자료집(RDA, 2004, 2005, 2006a)에서 '02-'05년 자료를 이용하였다. 시설 오이, 토마토, 딸기의 경우 생산량 자료는 반축성재배작형을 기준으로 하였고, 농축산물소득자료집(RDA, 2004, 2005, 2006a)에서 '02-'05년 통계자료를 이용하였다. 이들 시설 작물들의 가격자료는 농촌진흥청의 농산물가격정보(RDA, 2006b) 중에서 반축성재배작형의 수확시기에 해당하는 3-6월까지의 자료를 이용하였는데, 오이의 경우 가락시장의 '01, '02년의 백다다기(15 kg) 가격을, 토마토의 경우 '01-'05년 일반 토마토(10 kg) 가격을, 딸기의 경우는 '01-'05년 일반 딸기(4 kg)의 자료를 이용하였다.

수익역치 계산

수익역치(Gain Threshold)는 일반적인 경제적피해수준 계산식 (식 1)에서 총 방제 비용을 농산물 가격으로 나눈 값($\frac{C}{V}$)에 해당된다(Stone and Pedigo, 1972; Pedigo *et al.*, 1986).

$$EIL = \frac{C}{VIDK} = \frac{C}{V} \times \frac{1}{IDK} \quad (\text{식 1})$$

C: 방제 비용(원/10a), V: 시장 가격(원/kg)

I, D: 해충 밀도 증가에 따른 수량 및 품질 감소 관계

K: 방제 효율(0-1)

결과 및 고찰

현재의 방제 체계에서 도출된 GT값들과 이것을 수량감소율로 환산한 값은 Table 2와 같다. 작기가 끝날 무렵에 1회 수확하는 벼나 콩의 경우에는 전체 수량과 총 방제비를 고려하여 GT값과 그에 상응하는 수량감소율을 구하였다(Stone and Pedigo, 1972; Chen and Cheng, 1978; Baustista *et al.*, 1984; Yan *et al.*, 1992; Ye and Zhu, 1999).

벼의 경우 1회 방제를 하는 벼멸구, 흰등멸구, 흑명나방, 벼물바구미, 잎집무늬마름병의 경우 GT값과 수량감소율이 4.6-6.1 kg/10a, 1.0-1.3%이었고 2회 방제를 하는 도열병은 12.7 kg/10a, 2.7% 수준이었다. 콩의 경우 2회 방제를 하는 톱다리개미허리노린재는 6.2 kg/10a, 3.6% 수준이었다. 벼나 콩의 경우에는 이들 값의 변이는 개별 약제의 방제 비용 차이에 영향을 받아 다소 변이가 있었지만, 값들의 분포 범위는 크지 않았다. 외국의 사례들을 보면 (Table 3), 벼의 경우에 중국에서는 벼 먹노린재 1회 방제 시 3.6 kg/1 mu, 1.0%, 대만에서는 벼멸구 3회 방제시

Table 2. GTs and percentage of yield loss equivalent to them in several crops under current management systems

Crop	Pests	GT (kg/10a)	Yield loss (%)
Rice ^a	Brown planthopper	5.8(3.9-7.0)	1.2(0.8-1.5)
Rice	White backed planthopper	5.0(3.7-5.9)	1.0(0.8-1.2)
Rice	Rice leaf folder	5.9(4.2-7.0)	1.2(0.9-1.5)
Rice	Rice water weevil	4.6(3.7-5.6)	1.0(0.8-1.2)
Rice	Rice blast	12.7(10.6-16.3)	2.7(2.2-3.4)
Rice	Sheath blight	6.1(5.5-7.0)	1.3(1.2-1.5)
Soybean ^b	Bean bug	6.2(6.0-6.5)	3.6(3.4-3.8)
Greenhouse cucumber ^c	Melon thrips	10.0(8.8-11.4)	1.4(0.8-2.1)
Greenhouse cucumber	Whitefly	11.0(8.3-14.5)	1.5(0.8-2.7)
Greenhouse cucumber	Downy mildew	12.6(9.6-14.8)	1.7(0.9-2.7)
Greenhouse strawberry ^d	Two spotted mite	3.5(2.9-4.4)	1.5(0.9-2.5)
Greenhouse strawberry	Gray mold	3.1(2.6-3.6)	1.3(0.8-2.0)
Greenhouse tomato ^e	American leaf miner	9.7(6.9-11.7)	1.8(0.8-3.5)
Greenhouse tomato	Whitefly	8.4(6.7-10.6)	1.7(0.8-3.2)
Greenhouse tomato	Gray mold	9.6(7.5-12.2)	1.9(0.9-3.6)

^{a,b} GTs in these crops were calculated for one season production.

^{c,d,e} GTs in these crops were calculated for one week production.

Table 3. GTs and percentage of yield loss in foreign studies

Country	Crop	Insect pests	GT (% yield loss)	Sources
China	rice	Rice black bug	3.6 kg/1 mu (1.0%)	Ye and Zhu (1999)
Taiwan	rice	Brown planthopper	17 kg/10a (4.3%) ^a	Chen and Cheng (1978)
Philippines	rice	Rice leaffolder	195.3 kg/ha (3.6%) ^b	Bautista et al. (1984)
Japan	Soybean	Tobacco cutworm	7.0 kg/10a (3.5%)	Saito et al. (1983)
USA	Soybean	Green cloverworm	1.2 bu/acre (3.7%)	Stone and Pedigo (1972)
Canada	Greenhouse Cucumber	Western flower thrips	Unknown (2.5%)	Shipp et al. (2000)

^a Three applications per season.

^b Two applications per season.

17 kg/10a, 4.3%, 필리핀에서는 흑명나방 2회 방제시 3.6% 수준이었다. 이들 해충들에 대해 우리나라 경우처럼 1회 방제를 한다고 가정하면 아시아 지역들의 벼의 병해충들의 경우에는 수량감소율이 1% 수준으로 유사하다고 할 수 있다. 한편, 콩의 경우 일본에서 담배저세미나방의 경우 수량감소율이 3.5%, 미국의 Green cloverworm (*Plathypena scabra* [Fabricius])의 경우 3.7% 수준이어서, 우리나라 콩 해충의 수량감소율과 유사한 값이었다.

시설재배 작물의 경우, GT값과 수량감소율은 작기 전체 기간 동안의 생산량을 이들 작형의 일반적인 수확시기(예를 들면 오이 15주, 딸기 11주, 토마토 14주)를 감안하여 일주일 동안 수확한 단위수량으로 환산하였고, 이것을 GT값과 수량감소율 계산에 이용하였다(Shipp et al., 1998; Shipp et al., 2000). 시설재배 오이의 경우, 오이총채벌레, 온실가루이, 노균병은 1회 방제의 경우, GT값은 10.0-12.6 kg/10a, 1.4-1.7% 수준이었고, 시설재배 딸기의 경우, 점박이응애, 잣빛곰팡이병은 1회 방제의 경우, GT값은 3.1-3.5 kg/10a, 1.3-1.5% 수준이었다. 시설재배 토마토의 경우, 아메리카잎굴파리, 온실가루이, 잣빛곰팡이병은 8.4-9.7 kg/10a, 1.7-1.9% 수준이었다(Table 2). Table 2에서 시설작물 병해충에 해당하는 수량감소율은 0.8-3.6%로 큰 변이를 보였는데, 이는 방제비용 뿐만 아니라 출하 시기별 시장가격의 변이가 반영되어, 이 값들의 변이 또한 크게 나타났다. 시설재배의 경우 외국 사례와 비교해 보면(Table 3), 캐나다의 시설 오이의 경우 역시 일주일 단위로 환산된 값에서 GT값은 제시되지 않았지만, 1작기 동안 일주일 단위로 계산된 방제비용과 시장가격을 고려하여 계산된 값이 2.5% 수준이었고, 우리나라의 시설재배 작물에서 계산된 값보다는 조금 더 높은 수준이었다.

전반적으로 우리나라의 작물생산환경에서 GT값이 낮은 편이고, 특히 1회 방제가 이루어지는 벼 병해충의 경우에 있어서 외국과 비교할 때 상당히 낮은 값이라고 볼

수 있다. EIL 계산식에서 낮은 GT값은 방제 수준을 낮게 정하는데 결정적인 역할을 하는데(Stone and Pedigo, 1972; Pedigo et al., 1986), 특히 아시아 지역의 벼 병해충의 경우, 방제비용에 상응하는 수량감소율이 1% 수준에 불과하기 때문에 EIL 설정시 GT가 그대로 반영된다면 매우 낮은 수준으로 EIL이 설정되어 낮은 밀도에서 병해충 방제가 이루어져야 하는 상황을 피할 수 없게 된다. 일본에서 벼 해충들에 대해 CT를 설정한 경우에는 벼의 수량 감소율 5%를 고정적으로 적용하여 본 연구의 아시아 지역에서 평균 수량감소율보다 5배 정도 높은 수준에서 설정되어 있다(Koyama, 1979; Kojima and Emura, 1980; Tsuzuki et al., 1983; Yoshizawa, 1996; Kawamura and Izumi, 1998). 중국에서는 EIL 설정시에 GT가 내포하고 있는 이러한 문제점에 대해서는 전혀 언급이 없었지만, GT를 포함하여 최종적으로 계산한 EIL에 2정도의 변수를 곱하여 인위적으로 EIL을 높이는 방법을 사용하여 왔다(Chiang, 1979; Yan et al., 1992; Ye and Zhu, 1999).

이와 같이 생산환경여건에 따라 GT개념이 복잡성을 내포하고는 있지만, GT는 사회, 경제적인 여건 변화와 더불어 병해충의 방제기술의 발달, 방제비용, 농산물의 가격변동이 반영될 수 있는 동적인 속성들을 갖고 있으며 또한 EIL 설정 당시의 생산환경에 대한 귀중한 정보를 담고 있다(Higley and Pedigo, 1996). 앞서 본 바와 같이 EIL 설정시 GT값을 액면 그대로 반영하는데 무리가 있는 경우에는 EIL 설정에 앞서 신중한 판단이 요구되며, 그동안 외국의 EIL 설정 사례들이 수량감소율 3-5% 수준에서 설정되었다는 것은 참고할 만하다. 그리고, 앞으로는 EIL 설정시 방제비용뿐만 아니라 간접적인 사회비용 즉 방제수단에 따르는 환경에 대한 영향등도 포함되어야 할 것으로 생각한다. 이를 감안하면 Higley and Wintersteen (1996)이 제안한 방제비용에 환경비용(Environmental Cost, EC)을 고려한 EEIL (Environmental EIL), $EEIL =$

$\frac{C+EC}{VIDK}$ 을 도입하는 것도 적극적으로 검토해 볼만하다고 생각한다. EEIL 설정의 예에서 살충제 살포를 한 경우, 수질 및 비표적 생물에 미치는 영향등을 포함하여 환경비용을 고려할 때 방제수준은 1.7배 정도 상승한 효과를 가져왔다고 한다(Higley and Wintersteen, 1996 Hermoso de Mendoza *et al.*, 2001).

Stem 등(1959)이 확립한 EIL의 개념을 Pedigo 등(1986)이 일반화된 모형으로 선 보인지 20년이 지났다. 그동안 EIL 설정 분야가 우리나라에서 타 분야에 비해 발전이 더뎠지만, 이제는 더 이상 한, 두 명의 전문가의 경험에 의존한 명목상의 방제기준 설정에서 벗어나 우리의 농업생산 환경을 고려하면서 해충밀도와 작물 피해관계에 대한 객관적인 실험에 기초한 방제기준이 제시되도록 노력해야 할 때라고 생각한다.

사 사

본 연구의 분석자료를 준비하는데 도움을 주신 농과원 농업해충과 김황용 박사, 변영웅 선생, (주)한국삼공의 이정석 선생님께 감사드립니다. 본 원고에 대해 고귀한 조언을 해주신 현재선 박사님, 심사를 해주신 심사위원님들께 특히 감사드립니다.

Literature Cited

- Adachi, I. And F. Nakasuji. 1985. Definition of economic injury level -review and theoretical analysis. *Plant Protec.* 39: 301-307. (In Japanese)
- Allen, W.A. and E.G. Rajotte. 1990. The changing role of extension entomology in the IPM era. *Ann. Rev. Entomol.* 35: 379-97.
- Andow, D.A. and K. Kiritani. 1983. The economic injury level and the control threshold. *Japan Pesticide Information.* 43: 3-9.
- Baustista, R., E.A. Heinrichs and R.S. Rejesus. 1984. Economic injury levels for the rice leafhopper *Cnaphalocrosis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae): Insect infestation and artificial leaf removal. *Environ. Entomol.* 13: 439-443.
- Chen, C.N. and C.C. Cheng. 1978. The population levels of *Nilaparvata lugens* (Stål) in relation to the yield loss of rice. 1. *Plant Prot. Bull. (Taiwan)* 20: 197-209.
- Chiang, H.C. 1979. A general model of the economic threshold level of pest populations. *FAO plant prot. Bull.* 27: 71-73.
- Hermoso De Mendoza, A., B. Belliure, E.A. Carbonell and V. Real. 2001. Economic thresholds for *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) on *Citrus clementina*. *J. Econ. Entomol.* 94: 439-444.
- Higley, L.G. and L.P. Pedigo. 1996. The EIL concept. pp. 9-19. In L.G. Higley and L.P. Pedigo [eds.], *Economic thresholds for integrated pest management.* University of Nebraska Press, Lincoln.
- Higley, L.G. and W.K. Wintersteen. 1996. Thresholds and environmental quality, pp. 249-274. In L.G. Higley and L.P. Pedigo [eds.], *Economic thresholds for integrated pest management.* University of Nebraska Press, Lincoln.
- Hyun, J.S. 2005. Integrated pest control - principles and practices. *Korean J. Appl. Entomol.* 44: 73-90. (In Korean)
- Kawai, A. 1986. Studies on population ecology of *Thrips palmi* Karny. XI. Analysis of damage to cucumber. *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* 30: 12-16. (In Japanese)
- Kawamura, T. and K. Izumi. 1998. Control threshold of the rice leaf roller moth, *Cnaphlocrocis medinalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae) using leaf color and adult density. *Bull. Yamaguchi Agri. Expt. Stn.* 49: 25-31. (In Japanese)
- KCPA. 2006a. Pesticides statistics 2006. (In Korean)
- KCPA. 2006b. 2006 Agrochemicals use guide book. 1023 pp. (In Korean)
- Kojima, A. and K. Emura. 1980. Control threshold for the rice leaf beetle *Oulema oryzae* Kuwayama. *Trop. Agric. Res. Ser.* 14: 107-114.
- Koyama, J. 1979. Control threshold for the rice stem borer *Chilo suppressalis* Walker. *Rev. Plant Protec. Res.* 12: 111-121.
- Kubota, A. and K. Takahashi. 1986. Estimation of population density and economic thresholds in spider mites on eggplant. *Plant Protec.* 40: 569-573. (In Japanese)
- MAF. 2004. Development of economic injury level, simple sampling methods and study of occurrence for major pests on cucumbers, hot peppers and tomatoes. 752 pp. (In Korean)
- Nakasuji, F. 1997. Integrated pest management. Yokendo Ltd. Tokyo. 273 pp. (In Japanese).
- NAQS. 2006. Agricultural statistics info. http://www.naqs.go.kr/statisticsInfo/statisticsInfo_02_1_1.jsp
- Naranjo, S.E., C.C. Chu and T.J. Henneberry. 1996. Economic injury levels for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton: impact of crop price, control costs, and efficacy of control. *Crop Protection.* 15: 779-788.
- NIAS. 2006. 2005 report on construction of surveillance system of disease, insect pests, and weeds for crops. 1228 pp. (In Korean)
- Park, H.M., S.G. Lee and M.S. Han. 2002. Demonstration of rice IPM in the environmentally friendly farming project in paddy and effect assessment. Pp. 232-239. In Yun *et al.* (eds.), 2002 *Agricultural environment study.* 314 pp. (In Korean)
- Pedigo, L.P., S.H. Hutchins and L.G. Higley. 1986. Economic injury level in theory and practice. *Ann. Rev. Entomol.* 31: 341-368.
- Peterson, R.K. 1996. The status of economic decision level development, pp. 151-178. In L.G. Higley and L.P. Pedigo (eds.), *Economic thresholds for integrated pest management.* University of Nebraska Press, Lincoln.
- RDA. 2004. Income of agricultural and livestock production in 2003. 161 pp. (In Korean)
- RDA. 2005. Income of agricultural and livestock production in 2004. 161 pp. (In Korean)
- RDA. 2006a. Income of agricultural and livestock production in 2005. 161 pp. (In Korean)
- RDA. 2006b. Price and analysis of Agro-livestock. <http://www.rda.go.kr>.

- Sawaki, T. and M. Sato. 1986. Seasonal occurrence and economic thresholds in spider mites on strawberries. *Plant Protec.* 40: 558-562. (In Japanese)
- Shipp, J.L., M.R. Binns, X. Hao and K. Wang. 1998. Economic injury levels for western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on Greenhouse Sweet Pepper. *J. Econ. Entomol.* 91: 671-677.
- Shipp, J.L., K. Wang and M.R. Binns. 2000. Economic injury levels for western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on Greenhouse Cucumber. *J. Econ. Entomol.* 93: 1732-1740.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. van den Bosch and K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia.* 28: 81-101.
- Stone, J.D. and L.P. Pedigo. 1972. Development and economic injury level of the green clover worm on soybean in Iowa. *J. Econ. Entomol.* 65: 197-201.
- Tsuzuki, H., T. Asayama, M. Takimoto, T. Shimohata, J. Kayumi and S. Kobayashi. 1983. Assessment of yield loss due to the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kusche (Coleoptera: Curculionidae). *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* 27: 252-260. (In Japanese)
- Yan, Y.J., M.S. You and Z.F. Wu. 1992. Study on the economic threshold for controlling damage due to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). *J. South China Agr. Univ.* 13: 40-46. (In Chinese)
- Yano, S., M. Morishita and T. Taniguchi. 1986. Estimation of population density and economic thresholds in spider mites on watermelons. *Plant Protec.* 40: 563-568. (In Japanese)
- Ye, C.F. and Y.Q. Zhu. 1999. The economic threshold of *Scotinophara lurida* in seedlingstage of rice. *Ecological knowledge.* 36: 132-134. (In Chinese)
- Yoshizawa, E. 1996. The loss analysis and control threshold of rice skippers, *Parnara guttata*. *Plant Protec.* 50: 504-506. (In Japanese)
- Way, M.O., A.A. Grigarick, J.A. Litsinger, F. Palis and P. Pingali. 1991. Economic thresholds and injury levels for insect pests of rice. pp. 67-105. In E.A. Heinrichs and T.A. Miller (eds.) *Rice insects: management strategies*. Springer-Verlag. New York.
- Whalon, M.E. and B.A. Croft. 1984. Apple IPM implementation in North America. *Ann. Rev. Entomol.* 29: 435-470.

(Received for publication December 21 2006;
accepted January 22 2007)