

오존이 집파리 個體群에 미치는 一次의 效果에 관한 研究

Primary Effects of Ozone on *Musca domestica* L.

최 덕 일 · 공 동 수 · 이 해 품¹⁾

국립환경연구원, ¹⁾동국대학교
(원고접수 : 1991. 7. 3)

D.I. Choi, D.S. Kong and H.P. Lee¹⁾

National Institute of Environmental Research
¹⁾Dongkuk University
(Received 3, July 1991)

Abstract

Air pollution is directly and indirectly associated with the toxicology through the increase of mortality, the decrease of oviposition rate, and the decline of insect population, as well as the disruption of equilibria with higher or lower trophic levels.

To investigate intrinsic decrease rates, oviposition period, and emerging rates of pupae of house fly under air pollution stresses, healthy individuals of *Musca domestica* L. were collected in the field, cultured in the laboratory for 2~3 generations, and artificially exposed to O₃ (4 ppm) in automatically controlled air pollutant fumigation chambers.

Results from this study are summarized as follows:

1. Survivorship curves of both control group and exposed groups of healthy house fly to 4 ppm O₃ have linearly or stair-like decreasing trends of revers S-shape.
2. For cohorts exposed to 4 ppm of O₃, intrinsic decrease rate of cohort exposed for 2 hours significantly increases compared to that of control group, slight increases were observed for those exposed for 4 hours and 8 hours, which shows no distinct relationships between exposure period and intrinsic decrease rate.
3. While the numbers of pupae of exposed cohorts increase with the increase of exposure period, emerging rate shows a distinct decrease.
4. The relationships between emerging rate (E) of pupae and the exposure period (T) for cohorts exposed to 4 ppm of O₃ are expressed with the equation, $E (\%) = 21.027 - 7.942 \ln (T)$.

1. 緒 論

오존은 대기중의 질소산화물 및 탄화수소 등 1차성 오염물질과 햇빛(자외선)이 반응하여 생성되는 2차성 오염물질로서 광화학스모그의 원인이 되며 사람의 건강장해는 물론, 동·식물, 재산 등에 직접,

간접으로 피해를 주고, 생태계를 파괴하기 때문에 대기 오염 경보를 위한 주요 지표가 되고 있다.

곤충은 생태계의 중요한 구성요소가 되며 그 종의 다양성과 풍부성을 비롯, 크기가 작고 짧은 일생을 갖는 특성때문에 생태계 연구에 큰 공헌을 하고 있으며, 대기오염에 의한 곤충계의 영향은 지역사회나 생태계에 주목할 만한 악영향을 줄 수 있다.

그러나 오존이 인체나 식물에 미치는 영향에 관한 연구 보고는 비교적 많은데 비하여 곤충에 관한 연구는 극히 제한되어 있고 아직까지 그 피해 기작이나 정확한 결과 도출이 미흡한 상태이다(Bromenshenk, 1978, Bromenshenk & Gordon, 1978).

대기오염과 곤충의 영향에 대한 연구는 오염물질과 곤충과의 사이에 일정한 相關關係를 定立하기 어렵고, 研究者에 따라 또는 對象곤충에 따라 다른 결과가 導出될 경우도 있으며, McNary 등(1981), Hughes 등(1982), Jeffords and Endress(1984) 등도 그들의 결론에서 밝힌 바와 같이 곤충에 대한 대기오염의 영향에 대한 有意性은 인정되지만 정확한 機作은 알 수 없다고 하였고, Alstads 등(1982)도 곤충개체군에 미치는 대기오염의 영향에 관한 文獻的 考察에서 一次的 또는 二次的 영향에 관한 機作 究明의 어려움을 記述하고, 이 분야의 연구가 적으며 오염물질, 植物 그리고 곤충간의 相關關係가 밝혀지기를 희망한다고 하였다.

본 연구에서는 오존이 집파리 개체군에 미치는 직접적인 영향을 알아보기 위하여 실제 자연조건의 여러가지 복잡한 영향인자를 최소화할 수 있는 인공환경조절 챔버를 이용하여 집파리를 오존에 노출시키므로써 집파리 개체군의 내적 감소율, 산란시기, 우화율 등에 미치는 효과를 분석하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 實驗材料

對象生物은 야외에서 채집된 건강한 집파리 (*Musca domestica* L.)를 實驗室에서 2~3代 繼代 飼育한 것을 이용하였다.

幼蟲飼育

파리 幼蟲의 飼育 飼料로서 조단백질 18% 이상, 조지방 2% 이상, 조섬유 6% 이하, 조회분 9% 이하, 칼슘 0.6% 이상, 인 0.4% 이상 그리고 비타민 등 營養劑 1% 이하 配合된 複合飼料(대한제당, 무지개 사료)와 물을 1:1의 비율로 혼합하여 플라스틱으로 된 幼蟲飼育 容器(34×24×6 cm)에 넣고, 產卵된 알을 적당한 個體數로 풀어준 후(500~600개) 培地狀態를 좋게 해주기 위하여 飼育培地를 5~8시간 간격으로 잘 混合하여 온도 35~38℃, 습도 55~65%에서 飼育하였다. 이때 정상적인 조건에서의 幼蟲기간은 5~7일이며 번데기가 羽化하기까지는 3~5일 걸린다.

成蟲飼育

羽化된 파리 成蟲 암컷 및 수컷 300~500마리를 파리사육 케이지(45×45×45 cm)에 넣고 물과 설탕(당류)이 떨어지지 않도록 계속해서 공급해 주며 사육하였고, 產卵이 예상되는 2~3일전부터는 우유를 3일동안 공급하였다. 이때 飼育室의 조건은 온도 24~26℃, 습도 55~65%로 조절하였고, 室內照明은 낮에는 自然光 및 人工 照明光으로 300~800 lx.에 맞추고 밤에는 照明이 없는 자연상태로 하였다.

2.2 實驗方法

가스의 노출

오염물질 暴露室 규격 1.5×1.5×2.0 m되는 독립된 chamber 5室이 병렬로 연결되어 있고, 각 chamber는 단일 또는 2종 이상의 오염물질을 동시 暴露할 수 있으며, 각각 오염물질의 농도 및 온도, 습도가 컴퓨터에 의하여 독립적으로 자동 조절할 수 있도록 되어 있는 인공 대기오염 폭로장치를 이용하였으며, 가스의 노출은 오존 4 ppm에서 각각 2시간, 4시간, 8시간 노출하였다.

계대별 飼育 觀察

가스에 노출된 파리를 飼育室에 옮겨 대조군과 함께 繼代 飼育하였으며 이때 암컷의 產卵을 위해 幼蟲飼育飼料과 물을 섞어(1:1) 만든 계대사육 사료를 容器에 넣어 飼育室內에 넣어주고 파리 암컷은 產卵前 3일 정도 우유를 供給하고, 각각 가스 노출 시간별, 대조군별로 10마리씩을 작은 容器에 넣고 產卵時期를 비교 관찰하였다.

마로 파리암컷 10마리씩을 다른 容器에 넣어 알을 받은 후 幼蟲飼育 培地(配合飼料:물=1:1)에 옮기고 이들로부터의 蛹化를 관찰하였으며 다시 이들 蛹化된 번데기로부터 成蟲으로 되는 羽化率을 관찰하여 비교 분석하였다.

2.3 實驗資料의 統計處理

生命表

各 노출 시간별, 대조군별, 계대별로 Deevey (1947)의 古典的 life table을 따라 各 時間段階別 死亡率(qx), 區間別 生存個體數(lx), 區間別 死滅個體數(dx)를 관찰하고, 區間 平均生存個體數(Lx), 總期待壽命(Tx), 平均 期待壽命(ex)을 구하여 圖表化하였다.

生存曲線의 시뮬레이션

本 實驗에서는 成蟲만을 대상으로 한 結果 집파리 成蟲 個體群은 對數的 減少를 보여주고 있었기 때문에 Verlhulst Pearl(Poole, 1974)의 對數式을 이용하여 생존곡선의 시뮬레이션을 하였다.

$$N = N_0 / (1 + e^{c+rt}) \quad (1)$$

여기서 N : 時間 t에서의 生存個體數
 N₀ : 最初 個體數
 c : 切片 (Intercept)
 r : 內的 減少率

이때 半減期 t(50%)
 $t = -(c/r) \quad (2)$

이 되고 內的減少率 r은 式 (1)을 다시 정리하면
 $\ln \{(N_0 - N)/N\} = c + rt \quad (3)$

과 같은 1次 線形 回歸 關係로 구할 수 있다.

노출시간 및 노출농도에 따른 內的減少率

各 노출 時間과 노출농도에 따른 內的 減少率의 변화에 대한 相關式을 도출하기 위해서는 (3) 式에서 實測值로부터 誘導된 切片 (Intercept) C의 값을 補正해 줄 必要가 있다. 왜냐하면 切片 C의 값은 그 특성이 t=0일때, $\ln \{(N_0 - N)/N\}$ 의 값으로 이론적으로는 t가 0에 접근하면 C의 값이 마이너스 무한대에 이르게 될 것이다.

그러나 실제의 回歸式에 있어서 제한된 자료에 의한 回歸線上에서 유도되는 切片 C의 값은 본 實驗結果로는 $-6 < C < -1$ 의 범위내에 있었고, 이로 인한 內的減少率 r 역시 그 變動이 크므로 同一 回歸條件에서는 r값의 비교가 어렵다.

따라서 본 논문에서는 각 노출시간별, 각 농도별 生存曲線을 도출하기 위한 全段階 回歸式 즉, (3) 式에서 모든 C값을 -4.595 로 固定하여 回歸關係를 求하였고 이렇게 補正된 內的減少率 r값을 가지고 비교 분석하였다.

이는 곧 모든 生存曲線의 t=0, N₀를 100個體로 할 때 生存個體數 N을 99個體로 假定하는 것이 되며, 累積死亡 個體數曲線에서 最初의 N값 (Cumulated dead individuals at time t)을 1로 規定하는 것과 같다.

이 補正된 內的減少率 r과 노출時間(T) 및 노출농도(C)間的 關係式은 實測值로부터 다음과 같은 式을 얻을 수 있었다.

$$r = a \ln \{(C+1)(T+1)\} + r_0 \quad (4)$$

r : 內的減少率
 a : 回歸係數
 C : 노출농도
 T : 노출時間
 r₀ : 대조군의 內的減少率

3. 結 果

內的減少率

각 처리의 結果에 있어서 羽化直後의 最初 개체군 100 개체가 모두 死滅하는데 걸리는 시간은 대조군에서 72日, 2시간 노출시에는 63日, 4시간 노출시 72日, 8시간 노출시 72日로 단지 2시간 노출시에만 短縮되었을 뿐 그외의 노출처리군은 正常狀態와 同一하였다 (Table 1~4).

생명표를 정리하여 얻어진 생존곡선은 각 처리군 모두 처음에는 완만한 감소를 보이다가 어느 시점에서 급격하게 감소하는 역 S자형 분포곡선을 이루고 있으며, 각 처리군의 생존곡선은 실제치와 이론곡선

Table 1. The life table for a cohort of 100 individuals of the fly *M. domestica* (P) exposed for 2 hours in O₃ 4 ppm.

xdays	qx	lx	dx	Lx	Tx	ex
0	0	100	0	100	1076	10.76
3	0	100	0	100	976	9.76
6	0	100	0	100	876	8.76
9	0.06	100	6	97	776	7.76
12	0.02	94	2	93	679	7.22
15	0.02	92	2	91	586	6.37
18	0.02	90	2	89	495	5.5
21	0.11	88	10	83	406	4.61
24	0.1	78	8	74	323	4.14
27	0.1	70	7	66	249	3.56
30	0.21	63	13	56	183	2.9
33	0.24	50	12	44	127	2.54
36	0.39	38	15	30	83	2.18
39	0.3	23	7	19	53	2.3
42	0.38	16	6	13	34	2.13
45	0.3	10	3	8	21	2.1
48	0.29	7	2	6	13	1.86
51	0.4	5	2	4	7	1.4
54	0.33	3	1	2	3	1
57	0.5	2	1	1	1	0.5
60	1	1	1	0	0	0
63		0				

이 거의 일치하는 모양을 나타냈다(Fig. 1).

Fig. 1에서 4시간 노출시의 生存曲線은 8시간 노

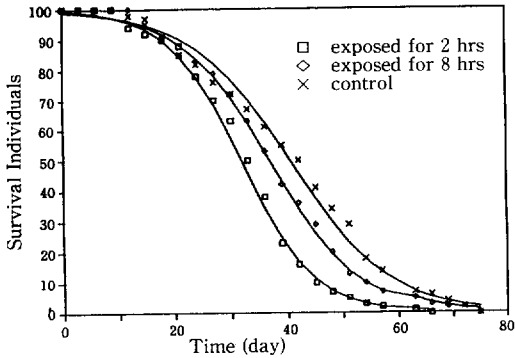


Fig. 1. Survivorship curves of a cohort of *M. domestica* 100 individuals (P) exposed for 2 and 8 hours in O₃ 4 ppm, and in control.

Table 2. The life table for a cohort of 100 individuals of the fly *M. domestica* (P) exposed for 4 hours in O₃ 4 ppm.

xdays	qx	lx	dx	Lx	Tx	ex
0	0	100	0	100	1225	12.25
3	0	100	0	100	1125	11.25
6	0	100	0	100	1025	10.25
9	0.03	100	3	98	925	9.25
12	0.01	97	1	96	827	8.53
15	0.03	96	3	94	731	7.61
18	0.01	93	1	92	637	6.85
21	0.03	92	3	90	545	5.92
24	0.13	89	12	83	455	5.11
27	0.14	77	11	71	372	4.83
30	0.17	66	11	60	301	4.56
33	0.11	55	6	52	241	4.38
36	0.16	49	8	45	189	3.86
39	0.2	41	8	37	144	3.51
42	0.15	33	5	30	107	3.24
45	0.18	28	5	25	77	2.75
48	0.3	23	7	19	52	2.26
51	0.38	16	6	13	33	2.06
54	0.4	10	4	8	20	2
57	0.17	6	1	5	12	2
60	0.4	5	2	4	7	1.4
63	0.33	3	1	2	3	1
66	0.5	2	1	1	1	0.5
69	1	1	1	0	0	0
72		0				

Table 3. The life table for a cohort of 100 individuals of the fly *M. domestica* (P) exposed for 8 hours in O₃ 4 ppm.

xdays	qx	lx	dx	Lx	Tx	ex
0	0	100	0	100	1235	12.35
3	0	100	0	100	1135	11.35
6	0	100	0	100	1035	10.35
9	0	100	0	100	935	9.35
12	0.04	100	4	98	835	8.35
15	0.06	96	6	93	737	7.68
18	0.06	90	5	87	644	7.16
21	0.02	85	2	84	557	6.55
24	0.05	83	4	81	473	5.7
27	0.09	79	7	75	392	4.96
30	0.13	72	9	67	317	4.4
33	0.16	63	10	58	250	3.97
36	0.21	53	11	47	192	3.62
39	0.14	42	6	39	145	3.45
42	0.19	36	7	32	106	2.94
45	0.31	29	9	24	74	2.55
48	0.35	20	7	16	50	2.5
51	0.23	13	3	11	34	2.62
54	0.3	10	3	8	23	2.3
57	0.29	7	2	6	15	2.14
60	0.4	5	2	4	9	1.8
63	0.33	3	1	2	5	1.67
66	0	2	0	2	3	1.5
69	1	2	2	1	1	0.5
72		0				

출시의 生存曲線과 거의 同一하므로 생략하였다 (Table 2, 3).

생명표와 생존곡선으로부터 도출된 각 처리군의 최초 100개체에 대한 내적감소율은 대조군에서 0.113, 2시간 노출군 0.147, 4시간 노출군 0.126, 8시간 노출군 0.125일로 대조군에서 가장 작고 2시간 노출시 가장 컸으며, 이론적인 반감기는 대조군이 40.54일, 2시간 노출군 31.87일, 4시간 노출군 37.10일, 8시간 노출군 36.90일로 대조군이 가장 길고 2시간 노출군이 가장 짧다.

평균 기대수명 역시 대조군 40.02일, 2시간 노출군 32.28일, 4시간 노출군 36.75일, 8시간 노출군 37.05일로 대조군이 가장 길고 2시간 노출군이 가장 짧으며 이론적인 반감기와 거의 유사한 결과를 나타냈다(Table 5).

이들에 대한 χ^2 檢定 結果는 쏘치리를 통하여 대

Table 4. The life table for a cohort of 100 individuals of the fly *M. domestica* (P) in control system.

xdays	qx	lx	dx	Lx	Tx	ex
0	0.00	100	0	100	1334	13.34
3	0.00	100	0	100	1234	12.34
6	0.00	100	0	100	1134	11.34
9	0.02	100	2	99	1034	10.34
12	0.01	98	1	97	935	9.54
15	0.06	97	6	94	838	8.64
18	0.07	91	6	88	744	8.18
21	0.04	85	3	83	656	7.72
24	0.07	82	6	79	573	6.99
27	0.05	76	4	74	494	6.50
30	0.07	72	5	69	420	5.83
33	0.09	67	6	64	351	5.24
36	0.10	61	6	58	287	4.70
39	0.09	55	5	52	229	4.16
42	0.18	50	9	45	177	3.54
45	0.17	41	7	37	132	3.22
48	0.15	34	5	31	95	2.79
51	0.38	29	11	23	64	2.21
54	0.22	18	4	16	41	2.28
57	0.50	14	7	10	25	1.79
60	0.14	7	1	6	15	2.14
63	0.33	6	2	5	9	1.50
66	0.50	4	2	3	4	1.00
69	1.00	2	2	1	1	0.50
72		0				

조군과 2시간 노출시에서만 유의성이 있었다(Table 6).

번데기數 및 羽化率

오존 4 ppm에 각각 2, 4, 8시간 노출된 집파리 성충으로부터 얻어진 번데기 수는 대조군에서 總 389 개체, 2시간 노출시 456, 4시간 노출시 422, 8시간 노출시 565개체로 대조군에서보다 오히려 오존에 노출된 처리군에서 번데기 數가 증가하는 傾向을 보이고 있으며, 8시간 노출시에 가장 많아 대조군에 비하여 약 45%의 증가를 보여주고 있다(Table 7).

또 이들 번데기로부터의 羽化率은 대조군에 비하여 가스노출시 汚穢율이 현저하게 감소하고 노출시간이 경과함에 따라 더욱 감소하는 傾向을 나타내었으며 χ^2 檢定結果 모든 처리군간에 유의성이 나타나고 있다(Table 8).

Table 5. Intrinsic decrease rates (r), half time ($T_{50\%}$), and life expectancy (E, at $t=0$) according to each exposure time in O_3 4 ppm.

Exposure time (hrs)	Intrinsic decrease rate (day) (%)	Half time (day) (%)	Life Expectancy (day) (%)
contl.	0.113	100.00	40.54
2	0.147	130.09	31.87
4	0.126	111.50	37.10
8	0.125	110.62	36.90

Table 6. χ^2 test from $2 \times C$ table of survival individuals at each time stage of the fly exposed in 4 ppm of O_3 .

	contl.	2 hrs.	4 hrs.
2 hrs.	p<0.001		
4 hrs.	*p<0.9	p<0.01	
8 hrs.	*p<0.9	p<0.01	*p<0.999

*not significant at 0.05 levels

p-value from $R \times C$ table: p<0.01

Table 7. Comparison of emerging rates and pupal individuals of *M. domestica* (F_1) according to each exposure time in 4 ppm of O_3 .

Treatments (hrs)	No. of pupa	No. of emerged adults	Emerging rates (%)
contl.	389	128	32.90
2	456	72	15.79
4	422	40	9.48
8	565	27	4.78

Table 8. χ^2 test from $2 \times c$ table of emerging rates at each time stage of the fly exposed in 4 ppm of O_3 .

	contl.	2 hrs.	4 hrs.
2 hrs.	p<0.001		
4 hrs.	p<0.001	p<0.005	
8 hrs.	p<0.001	p<0.001	p<0.01

한편 본 실험결과로부터 각 노출시간에 따른 羽化率의 回歸分析結果는 다음과 같이 나타났다(Fig. 2).

$$E(\%) = 21.027 - 7.942 \ln(T)$$

: (相關係數 $c.c.=0.996$, $P<0.005$)

E(%) : 羽化率

T : 노출시간

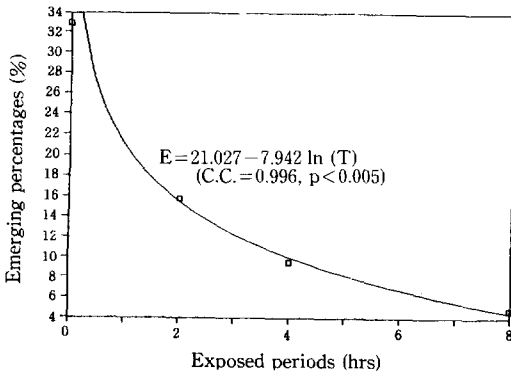


Fig. 2. Emerging rates of *M. domestica* (F_1) according to periods exposed in 4 ppm of O_3 .

4. 考 察

完全變態를 하는 곤충의 경우 그 生存曲線 모델은指數型, 直線型, 階段型 등으로 나타나며 알에서 成蟲에 이룰때까지의 生存曲線은 계단형 모형을 나타낸다 하였으나(Ravinovich, 1970), 본 실험결과로는 오존 4 ppm에 노출된 집파리 개체군의 生存曲線은 위의 어느 형에 속한다고 단정하기 어렵고 直線型 또는 階段型의 유형에 속하나 어느 시점에서부터內的減少率이 대수적으로 감소하는 역 S자형 분포 곡선이라 할 수 있다(Fig. 1).

오존의 영향에 대하여 Beard(1965)는 0.1 ppm 이상이 될 것으로 추측되는 오존에 노출했던 집파리를 繼代培養할 경우 fly traffic index는 대조군에서보다 변동폭이 크고 전반적으로 높았으며 產卵前의 기간동안 파리 成蟲을 오존에 노출하면 成蟲암컷 1마리당 產卵率은 대조군에 비해서 훨씬 떨어진다고 하였으며, Beard(1965)의 또다른 실험에서는 高濃도의 오존에 노출할 경우 成蟲암컷 1마리당 產卵數가 감소한 것과 마찬가지로 成蟲의 사멸율은 증가한다고 하였다.

Levy 등(1972, 1974)은 집파리(*Musca domestica* L.) 및 초파리(*Drosophila melanogaster* Meigen) 등의 신선한 알에(0~2 hrs.) UV를 이용하여 발생시킨 오존을 4시간 노출했을 경우, 파리(House fly 및 Stable fly)에서는 알의 孵化率은 15~17% 감소하였으나 孵化시간이나 幼蟲의 크기, 活動性 등에는

차이가 없었고, 幼蟲期와 번데기 시기에도 이상이 없었으며 초파리에서는 아무런 차이를 발견할 수 없었다고 하였고, 같은 조건하에서 성충은 오히려 산란율이 증가하고 개체군도 증가한다고 하였다.

한편, 오존의 二次的 영향에 관한 연구로는 Jeffords and Endress(1984)는 각각 6, 9, 12, 15 pphm의 O_3 에 노출된 white oak의 잎에 대한 매미나방의 嗜好는 15 pphm에서 가장 잘 먹고 9 pphm에서는 대조군이나 6, 12 pphm보다도 좋아하지 않았으며, 9 pphm의 농도가 먹이嗜好의 열쇠역할(level of trigger response)을 하는 것은 확실하지만 그 機作은 알 수 없다고 하였고, Lackner and Alexander(1983)는 버지니아 Blue Ridge 山의 eastern white pine의 側根을 관찰한 결과 옥시단톤에 의한 대기 오염의 영향을 받은 소나무 側根에서는 oleoresin의 흐름이 저하되고 白木質과 篩管部의 수분이 감소하므로서 病原微生物이나 곤충의 侵害를 받기 쉽게 된다고 하였으며, Elden 등(1978)은 알팔과의 一種(*Medicago sativa* L.)에 20 pphm의 O_3 을 4시간 노출했을 때 48시간 후에는 오존에 의한 障跡(斑點)가 나타났으나 pea aphid에 대한 抵抗性을 관찰해본 결과 成蟲 生存個體數, 죽은 若蟲數, 생존한 若蟲數 등에서 아무런 차이를 발견할 수 없었다고 하였다.

최근의 연구에서는 사람은 오존에 대한 적응력이 있다는 것이 여러 학자의 연구 결과 입증되고 있다(Hackney 등, 1977a, b, Folinsbee 등, 1980a, b, Farrell 등, 1979). Hackney 등(1977b)은 0.5 ppm O_3 2시간 폭로로 폐의 초기기능이 저하되었던 사람이 폭로 4일째에는 같은 농도(0.5 ppm O_3)에서 생리학적 반응이나 임상증상 반응이 감퇴되는 것을 확인하였고, Folinsbee 등(1980)은 0.4 ppm O_3 에 반복해서 폭로되면 다음 폭로에서는 아주 적거나 아무런 변화도 나타내지 않는 적응을 받는다는 것을 관찰하였다. 이러한 적응성립에 필요한 시간은 2~5일이고 적응의 지속시간은 7~20일이라 하였으며, 보다 민감한 사람에게서는 이 일수가 단축된다고 하였다. Farrell 등(1979)도 14명의 정상 피험자를 0.4 ppm O_3 에 5일간 연속 폭로한 실험에서 3일 후에 적응이 일어나는 것을 확인하였다.

본 연구에서 집파리 개체군을 4 ppm의 오존에 노출할 경우 평균 期待壽命이나 內的減少率이 4시간 또는 8시간 노출시보다 2시간 노출시에 더 큰 영향을 받는 것은 본 실험 결과만으로는 충분한 說明이 困難하지만 위에 記述한 오존에 대한 適應力(Stephens 등, 1973, 1974, Hackney 등 1977a, b,

Farrell 등 1979, Folinsbee 등 1980) 때문이 아닌가 생각된다.

또한 본 실험에서는 오존에 노출한 집파리 개체군의 産卵率과 번데기 形成率에 대하여는 정확한 관찰을 하지 못했기 때문에 자세히 알 수는 없으나 형성된 번데기數로부터 미루어 볼 때 대조군에 비하여 오존 4 ppm에 노출되었을 때 産卵率이 더 커졌다고 판단할 수 있으며, 이는 Beard(1965)의 보고와는 반대의 결과이지만 Beard의 실험은 오존의 정확한 농도와 노출시간을 알 수 없기 때문에 직접 비교하기는 곤란하다.

그러나 초파리類 및 집파리類에 적당한 농도의 오존이 노출될 경우 알의 孵化率은 15% 감소하였으나 幼蟲期와 번데기 時期에는 이상이 없었으며, 같은 條件下에서 成蟲은 오히려 産卵率이 증가하고 개체군도 증가한다는 Levey 등(1972, 1974)의 실험결과와는 대체로 일치한다.

이상의 결과를 종합 고찰하여 볼 때 오존 4 ppm의 집파리 개체군에 대한 영향은 成蟲의 內的減少率, 羽化率, 産卵率 및 번데기의 형성 등에 뚜렷한 영향을 준다고 할 수 있으며, 4 ppm의 오존에 각각 2, 4, 8시간 노출할 경우 평균기대수명이나 내적감소율이 4시간 또는 8시간 노출시보다 2시간 노출시에 더 큰 영향을 주는 것은 오존에 대한 적응력 때문으로 풀이된다.

5. 結 論

野外에서 採集하여 실험실에서 2~3代 繼代 飼育한 집파리(*Musca domestica* L.)를 溫度 및 濕도가 일정하게 유지되는 人工 大氣汚染 暴露裝置에서 4 ppm의 오존에 노출하여 집파리 個體群의 內的減少率, 産卵時期 및 羽化率에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 4 ppm의 오존에 노출된 집파리 개체군의 생존 곡선은 직선형 또는 계단형의 유형에 속하나 어느 시점에서부터 內的減少率이 대수적으로 급격히 감소하는 역 S자형 분포곡선을 이룬다.

2. 4 ppm의 오존에 노출된 집파리 성충 個體群의 內的減少率은 對照群에 비하여 2시간 노출시에는 뚜렷한 증가를 보였으나 4시간 및 8시간 노출시에는 대조군에 비하여 약간 증가하여 노출시간과 내적감소율과의 관계는 뚜렷하지 않았으며 이는 오존에 대한 적응력 때문으로 풀이된다.

3. 成蟲으로부터 얻어지는 번데기의 數는 성충의 노출시간이 길수록 增加하는 반면, 羽化率은 뚜렷하

게 감소하는 경향을 보였다.

4. 오존 4 ppm에 노출된 파리 성충으로부터 얻어진 번데기의 羽化率(E)과 노출시간(T)과의 관계식은 $E(\%) = 21.027 - 7.942 \ln(T)$ 와 같았다.

參 考 文 獻

- Alstad, D.N., G.F. Edmunds and L.H. Jr. Weinstein (1982) Effects of air pollutants on insect populations. *Ann. Rev. Entomol.*, 27, 369 - 384.
- Beard, R.L. (1965) Observation on house flies in high-ozone environments. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 58, 404 - 405.
- Bromenshènk, J.J. (1978) Monitoring environmental materials and specimen banking using terrestrial insects with particular reference to inorganic substances and pesticides. Dept. of Botany, Univ. of Mont., 132 - 155.
- Bromenshenk, J.J. and C.C. Gordon (1978) Terrestrial insects sense air pollutants, 66 - 70: In conference proceedings, 4th joint conference on sensing of environmental pollutants.
- Deevey, E.S. (1947) Life tables for natural populations of animals. *Quart. Rev. Biol.*, 22, 283 - 314.
- Farrell, B., H. Kerr, T. Kulle, L. Sauder and J. Young (1979) Adaptation in human subjects to the effects of inhaled ozone after repeated exposure. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 119, 725 - 730.
- Folinsbee, L., J. Bedi and S. Horvath (1980) Respiratory responses in humans repeatedly exposed to low concentrations of ozone. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 121, 431 - 439.
- Folinsbee, L., J. Gliner and S. Horvath (1980) Adaptation to ozone: Relation of pollutant sensitivity to adaptability and persistence of adaptation. *Fed. Proc.*, 39, 199 - 205, 1167.
- Hackney, J., W. Linn, S. Karuzua, R. Buckley, D. Law, D. Bates, M. Hazucha, L. Pengelly and F. Silverman (1977) Effects of ozone exposure in Canadians and southern Californians. Evidence for adaptation. *Arch. Environ. Health.*, 32, 1977(a), 110 - 116.
- Hackney, J., W. Linn, J. Mohler and C. Collier (1977) Adaptation to short term respiratory effects of ozone in men exposed repeatedly. *J. Appl. Physiol.*, 43, 1977(b), 82 - 85.
- Hughes, P.R., J.E. Potter and L.H. Weinstein (1982) Increased susceptibility of green-house-grown

- soybeans to the Mexican bean beetle after plant exposure to SO₂. Entomological Society of America., 173 — 176.
- Jeffords, M.R. and A.G. Endress (1984) Possible role of ozone in tree defoliation by the Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae), Environmental Entomology., 13(5), 1249 — 1252.
- Lackner, A.L. and S.A. Alexander (1983) Root disease and insect infestation on air pollution-sensitive *Pinus Strobus* and studies of pathogenicity of *Verticillium* spp. American phytopath. Soc. Plant Disease., 67(6), 679 — 681.
- Levy, R., Y.J. Chui and H.L. Cromory (1972) Effects of ozone on three species of Diptera. Environ. Entomol., 1, 608 — 611.
- Levy, R., D.P. Jouvenaz and H.L. Cromroy (1974) Tolerance of three species of insects to prolonged exposures to ozone. Environ. Entomol., 3, 184 — 185.
- McNary, T.J., D.G. Milchunas, J.W. Leetham, W.K. Lauenroth and J.L. Dodd (1981) Effects of controlled low levels of sulfur dioxide on grass-hopper densities on a northern mixed-grass prairie, Journal of Economic Entomology., 74, 91 — 93.
- Poole, R.W. (1974) An introduction to quantitative ecology, McGraw-Hill, 532.
- Stephens, R., M. Sloan, M. Evans and G. Freeman (1973) Early response of lung to low levels of ozone. Am. J. Pathol., 74, 31 — 58.
- Stephens, R., M. Sloan, M. Evans and G. Freeman (1974) Alveolar type I cell response to exposure to 0.5 ppm O₃ for short periods. Exp. Mol. Pathol., 20, 11 — 23.