

담배나방의 난소발생시 폴리아민 대사에 미치는 상승아치사온도의 효과

김문익 · 김선희 · 이형철 · 정성은*
한남대학교 이과대학 생물학과
(1999년 5월 18일 접수)

Effects of Elevated Sublethal Temperature on Polyamine Metabolism during Ovarian Development of the Tobacco Budworm, *Helicoverpa assulta*

Moon Ik Kim, Sun Hui Kim, Hyung Chul Lee and Seong Eun Jeong*
Department of Biology, Han Nam University, Taejon 300-791, Korea
(Received May 18, 1999)

ABSTRACT : To elucidate the effect of elevated sublethal temperature ($33 \pm 1^\circ\text{C}$) on polyamine metabolism and oogenesis, we investigated alterations in the major polyamines and ornithine decarboxylase (ODC) and arginine decarboxylase (ADC), and ovarian development during the pupal-adult development of the tobacco budworm, *Helicoverpa assulta*. Ovaries ODC activity under the elevated sublethal temperature ($33 \pm 1^\circ\text{C}$) were lower than those of the optimal rearing temperature ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), whereas ovarian ADC activity was consistently higher than the optimal rearing temperature ($25 \pm 1^\circ\text{C}$). When the gonads were exposed to the higher temperature, ovarian putrescine showed somewhat suppressed levels throughout development, indicating a relatively high correlation with the alteration aspects in ODC or ADC activity under elevated sublethal temperature. A somewhat precocious ovary was observed in an early stage of development at $33 \pm 1^\circ\text{C}$, but cellular abnormalities occurred in this ovary. The ovary developed under elevated sublethal temperature was observed the inhibitional effect of polyamine metabolism and the abnormal development of ovariole, which seem to be related to the sterility.

Key words : polyamine metabolism, ovary, elevated sublethal temperature, *Helicoverpa assulta*

Polyamine 류 화합물은 모든 생명체 집단에 폭 넓게 분포하는 aliphatic cation으로서 세포의 성장, 분화 및 배발생에 필수적인 물질인 것으로 알려져 있으며 (Bethell과 Pegg, 1981; Chen 등, 1982; Tabor와 Tabor, 1984; Pegg, 1988), polyamine 의 조성과 함량은 조직 및 생물집단에 따라 매우 다양한 것으로 나타났다 (Dienel과 Cruz, 1984;

Tabor와 Tabor, 1984; Pegg와 McCann, 1988). 즉 putrescine, spermidine 그리고 spermine 등 주요 polyamine 류 화합물은 단백질의 인산화와 탈인산 화과정에서 modulator로서 작용함에 따라 핵산 및 단백질 합성의 조절에 매우 중요한 역할을 수행한다 (Abraham과 Pihl, 1981; Tabor와 Tabor, 1984; Birnbaum 등, 1988; Bloom 등, 1989). 곤충류에서

* 연락처자 : 300-791, 대전광역시 대덕구 오정동 133번지, 한남대학교 이과대학 생물학과

* Corresponding author : Department of Biology, Han Nam University, Taejon 300-791, Korea

는 세포의 성장과 분화가 활발히 일어나는 변태시에 polyamine 함량이 크게 증가하는 것으로 보고 되었으며 (Besson 등, 1986; Birnbaum 등, 1988; Joseph와 Baby, 1988), 또한 생식소에서도 이 시기에 매우 높은 함량을 나타내었다 (Hamana 등, 1984, 1989). 생체내에서 각종 polyamine 류 화합물들은 diamine인 putrescine으로부터 합성되며, putrescine은 각각 ornithine decarboxylase (ODC)와 arginine decarboxylase (ADC)의 작용에 의해 아미노산인 ornithine과 arginine으로부터 유도생성되는데 (Tabor와 Tabor, 1984; Birnbaum과 Gilbert, 1990), 식물에서는 ODC와 ADC가 모두 존재하나 포유동물들에서는 ODC만이 polyamine 생합성에서의 rate-limiting enzyme으로 작용하는 것으로 알려져 있다 (Seely 등, 1982).

한편, 곤충에서의 polyamine 생합성은 ODC의 작용에 의해 ornithine이 putrescine으로 전환됨으로써 시작되며 (Tabor와 Tabor, 1984; Birnbaum과 Gilbert, 1990), 여러가지 polyamine 화합물들이 polyamine oxidase와 acetyltransferase의 작용에 의해 상호전환되는 것으로 알려져 있다 (Pegg와 McCann, 1988; Strambi 등, 1993). 특히 세포분열이 왕성하게 진행되는 곤충조직에서 ODC 활성도가 높게 나타나는 점으로 미루어 ODC가 곤충의 polyamine 생합성에 관여하는 중요한 key enzyme인 것으로 알려져 있으나 (Pegg와 McCann, 1988; Strambi 등, 1993), 또 하나의 key enzyme인 ADC가 곤충 세포내에서 polyamine의 생합성에 관여하는지의 여부는 아직 확실히 검증되지 않았다.

곤충의 난소는 배후발생 과정에서 세포의 분열 및 분화가 매우 활발하게 진행되는 기관이므로 다른 조직에 비해 높은 polyamine 함량을 나타내며, 난소에서의 주요 polyamine 류 상대함량은 곤충의 종류는 물론 곤충의 발생단계에 따라서도 다르게 나타나는 것으로 보고되고 있다 (Hamana 등, 1984). 그러나 담배나방을 비롯한 곤충에서의 polyamine 대사에 관한 연구는 아직 미비하며 담배나방의 정소에서 상승아치사온도로의 처리는 폴리아민대사에 저해효과가 있음이 조사된 바 있다 (Yoo 등, 1988). 따라서 본 연구에서는 고온이 곤충의 생식소 발달을 저해하는데, 그 원인을 규명

하고자 담배나방 (*Helicoverpa assulta*)을 상승아치사온도 ($33\pm 1^\circ\text{C}$) 하에서 발생시키면서 용-성충 발생 동안 polyamine 대사 및 난소의 조직학적 변동을 조사하였다.

재료 및 방법

실험곤충

담배나방 (*Helicoverpa assulta*)은 인공사료(콩가루, 옥수수가루, 고추씨기름, skim milk, multivitamin, yeast extract, agar)를 먹이로 온도 $25\pm 1^\circ\text{C}$, 상대 습도 $60\pm 5\%$, 광주기 16L:8D 조건하에서 누대사육하였다. 상승아치사온도의 처리는 Yoo 등 (1998)의 방법에 따라 실시하였다.

난소의 적출

적정온도 ($25\pm 1^\circ\text{C}$) 발생군 및 상승아치사온도 ($33\pm 1^\circ\text{C}$) 처리군에서 난소적출은 해부현미경하에서 용 5, 6, 7, 8, 9일 및 성충 1일의 발생단계별로 실시하였으며, 여분의 수분은 filter paper로 즉시 제거하여 생체량을 측정 후 -70°C 에서 사용시까지 보관하였다.

Polyamine의 정제 및 분석

Polyamine의 정제는 각 단계별로 적출된 난소 30mg당 $100\mu\text{l}$ 의 5% perchloric acid를 가하여 균질화시킨 다음 4°C 에서 3,500g로 10분 동안 원심분리한 후 상등액을 취하였다. Polyamine의 정제는 Jeong 과 Kown (1996)의 방법에 따라 수행하였다.

Polyamine 분석은 Corbin 등 (1989)의 방법을 다소 변형시킨 Yoo 등 (1998)의 방법에 준하여 실시하였다. HPLC는 600E Multisolvant Delivery Pump의 Waters system을 이용하였고, U6K Injector와 474 Scanning Fluorescence Detector (338nm excitation/ 400nm emission) 및 μ Bondapak C18 ($3.9\times 300\text{mm}$) column을 사용하였다.

ODC 및 ADC의 활성도 측정

ODC와 ADC의 활성도는 Russell과 Snyder (1968)의 방법 및 Anguillesi 등 (1990)의 방법을

일부 변형하여 측정하였다. 즉, 발생단계별로 적출한 난소에 50 mM Tris-HCl buffer (pH 7.4)를 가하여 균질화시킨 후, 4°C에서 5,000g로 15분 동안 원심분리한 상등액 200 μ l를 5 μ l, 0.5 μ Ci L- [1-¹⁴C] ornithine 또는 0.5 μ Ci L- [1-¹⁴C] arginine과 500 mM L-ornithine 또는 L-arginine이 들어 있는 glass vial에 가한 다음 hyamine hydroxide가 들어 있는 microtube를 넣은 후 rubber stopper로 밀폐시켜 37°C에서 30분간 incubation시켰다. 반응을 종결시키기 위하여 200 μ l TCA (trichloroacetic acid)용액을 가하여 다시 30분간 incubation시킨 후, 방출된 ¹⁴CO₂와 결합한 hyamine hydroxide를 Scintiverse E로 옮긴 다음 Scintillation Spectrometer (Beckman LS 6000LL)를 이용하여 방사능을 측정하였다. ODC와 ADC의 활성도 단위는 ornithine 혹은 arginine으로부터 방출된 ¹⁴CO₂의 양(nmol)을 산출하여 환산하였다.

난세포형성과정의 관찰

적출한 난소는 5시간 동안 Bouin's fluid에 고정시킨 후 탈수, 포매 및 절편과정을 수행하였다. 건조된 절편으로부터 paraffin을 제거하고 수세한 다음 hematoxyline과 eosin으로 염색하여 광학현미경으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

인시목 곤충의 생식세포형성과정은 물리적 신장 및 성숙과 관련하여 부피, 무게 및 수분함량에 있어서 역동적인 변화를 수반하므로 주요물질들의 변화동향을 이해하기 위해서는 발생의 진행에 따른 생체량의 변화를 고려해야 한다 (Bodnaryk과 Gerber, 1988; Bodnaryk, 1989). 따라서 본 연구에서는 적정온도 (25±1°C) 발생군에서 발생시킨 담배나방 난소의 생체량은 용화 후 서서히 증가하여 성충기에서는 용 시기보다 현격한 증가 (1.67배)를 나타내었다. 이는 이 시기에 난성숙의 진행에 따른 난황 축적이 활발히 이루어지기 때문이다 (Hopkins과 King, 1996). 상승아치사온도 하에서의 발생시 난소의 생체량 변화가 적정온도 발생군의 변화와 동일한 양상을 보이는 것으로 나타났으나,

용 5일에서 성충기에 이르기까지의 모든 시기에서 적정온도 발생군에 비해 난소의 생체량이 현저히 감소하였다 (Fig. 1).

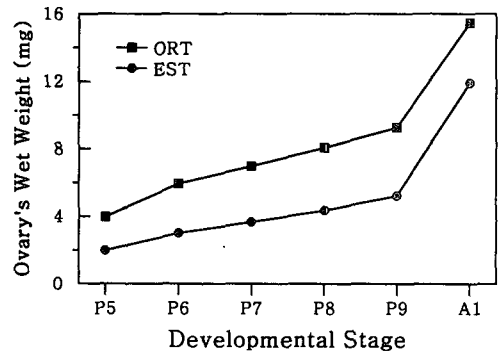


Fig. 1. Changes in ovary's wet weight during pupal-adult development of *Helicoverpa assulta* at different rearing temperatures. Each level represent the mean obtained from 28 ovaries. ORT, optimal rearing temperature (25±1°C); EST, elevated sublethal temperature (33±1°C); P5, 5-day old pupa; P6, 6-day old pupa; P7, 7-day old pupa; P8, 8-day old pupa; P9, 9-day old pupa; A1, 1-day old adult.

본 연구에서는 부피 및 무게 등의 변화를 수반하는 난성숙과정동안 난소에서의 polyamine 상대 함량을 명확히 분석하기 위해 발생과정에 따른 난소당 총 함량과 생체량당 함량을 비교 분석하였다. 난소의 polyamine 류 상대함량은 putrescine이 가장 높았고 spermine의 함량이 가장 낮아 *Bombyx mori*의 경우 (Hanama 등, 1984)와 매우 유사하게 나타났다. 또한 33±1°C에서 putrescine의 난소당 총 함량과 생체량당 함량은 모두 전 시기에 걸쳐 그 수준이 정상 발생군보다 낮게 나타났으나, spermidine과 spermine의 생체량당 함량은 용 5일과 6일에는 정상 발생군보다 약간 높게 나타났으며, 용 말기와 성충기에는 반대로 약간 하강하였다. 반면, spermidine과 spermine의 난소당 총 함량은 정상 발생군에서는 그 수준이 상승하는 용 7일과 용 9일 및 성충기에서도 계속 낮은 값으로 유지되었다 (Table 1). 이는 대체적으로 담배나방 정

Table 1. Putrescine, spermidine, and spermine contents of ovary during pupal-adult development of *Helicoverpa assulta* at different rearing temperatures

Rearing Temperature	Developmental Stage	Mean±SD/ovaries ^a			Mean±SD/mg ^b		
		putrescine	spermidine	spermine	putrescine	spermidine	spermine
25±1℃	5-day old pupa	755.3±17.4	7.13±0.06	1.49±0.09	240.3±14.4	2.26±0.17	0.47±0.04
	6-day old pupa	87.6±7.9	5.86±0.23	1.76±0.28	15.8±0.6	1.06±0.11	0.32±0.05
	7-day old pupa	100.9±5.1	13.38±1.22	2.94±0.88	17.8±0.7	2.36±0.22	0.52±0.06
	8-day old pupa	514.4±36.0	6.68±0.07	1.91±0.25	74.2±3.0	0.96±0.06	0.27±0.07
	9-day old pupa	98.2±23.0	11.48±0.96	4.48±0.40	11.3±0.7	1.32±0.21	0.52±0.09
	1-day old adult	213.0±13.4	50.18±3.26	7.85±0.94	14.8±0.7	3.49±0.61	0.55±0.08
33±1℃	5-day old pupa	270.4±13.4	0.83±0.03	1.32±0.04	135.9±6.1	0.42±0.01	0.66±0.02
	6-day old pupa	68.6±2.2	0.74±0.02	1.44±0.04	22.6±1.0	0.24±0.01	0.48±0.01
	7-day old pupa	51.3±1.7	0.67±0.02	1.80±0.04	13.9±0.4	0.18±0.01	0.49±0.01
	8-day old pupa	78.3±2.7	0.58±0.01	1.82±0.05	18.0±0.5	0.13±0.01	0.42±0.01
	9-day old pupa	71.4±2.3	0.63±0.02	1.89±0.05	13.6±0.3	0.12±0.01	0.36±0.01
	1-day old adult	62.7±2.0	0.79±0.03	1.81±0.04	5.3±0.1	0.07±0.01	0.15±0.01

Each value represents the mean±SD obtained from three replicate experiments in 14 ovaries.
a, nmol/14 ovaries ; b, nmol/mg wet weight

Table 2. ODC and ADC activities of ovary during pupal-adult development of *Helicoverpa assulta* at different rearing temperatures

Rearing Temperature	Developmental Stage	ODC		ADC	
		Activity/ovaries ^a	Activity/mg ^b	Activity/ovaries ^a	Activity/mg ^b
25±1℃	5-day old pupa	2161±119	544±44	575±24	145±3
	6-day old pupa	4165±218	700±39	520±22	87±3
	7-day old pupa	5182±179	743±37	454±17	65±8
	8-day old pupa	6922±312	857±53	289±11	36±2
	9-day old pupa	9186±427	991±40	245±13	26±2
	1-day old adult	12809±988	828±42	274±14	18±1
33±1℃	5-day old pupa	781±34	392±21	496±21	249±11
	6-day old pupa	789±33	264±12	504±18	166±8
	7-day old pupa	811±29	220±15	618±25	168±6
	8-day old pupa	930±41	213±10	747±28	171±6
	9-day old pupa	792±38	152±6	792±32	152±7
	1-day old adult	649±19	55±2	826±32	69±5

Each value represents the mean±SD obtained from three replicate experiments in 14 ovaries. Enzyme activity represents nmol ¹⁴CO₂ liberated/hour. ODC, ornithine decarboxylase; ADC, arginine decarboxylase; a, nmol/14 ovaries ; b, nmol/mg Wet weight

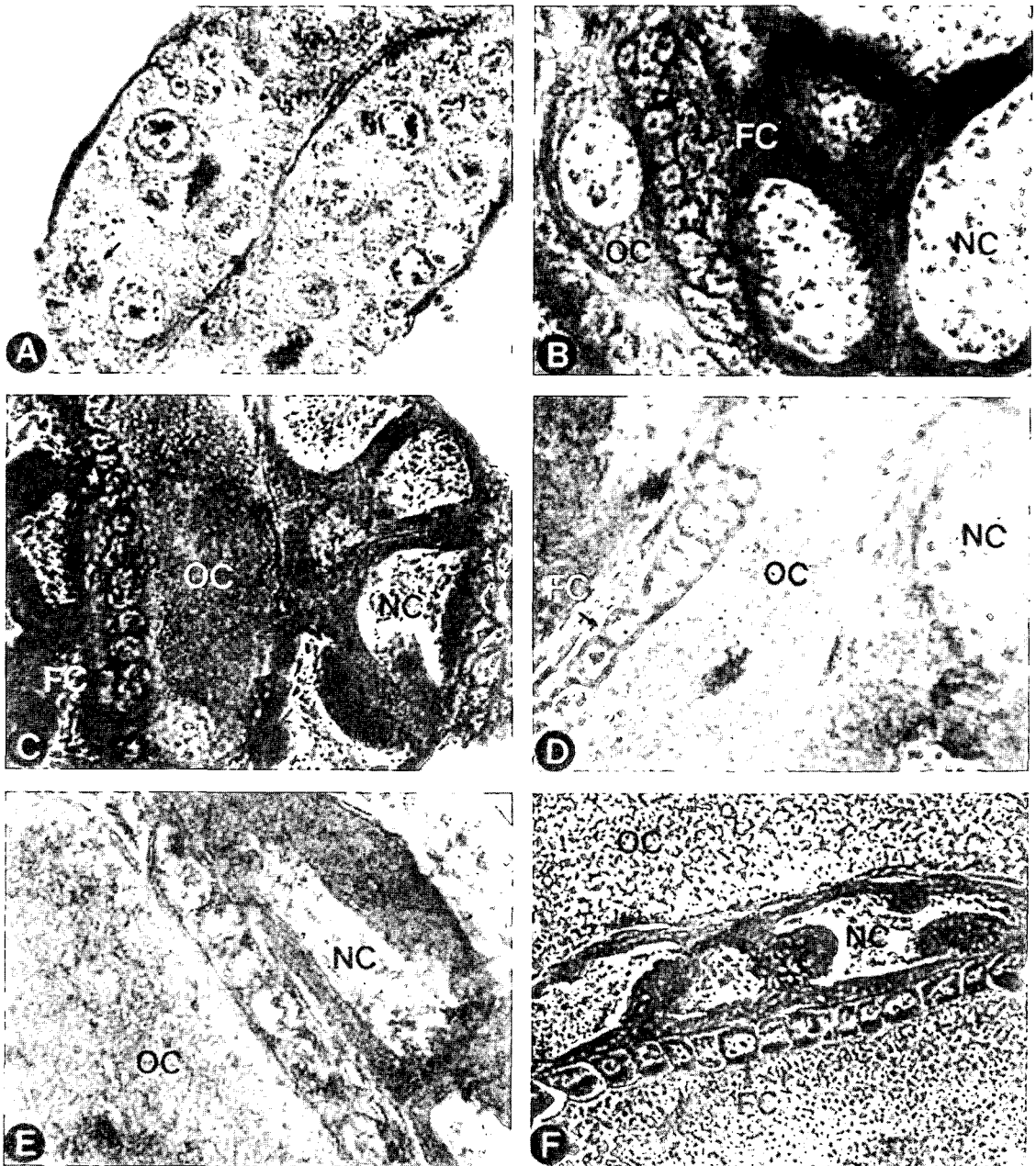


Fig. 2. Light microphotographs(longitudinal section) of ovariole during pupal-adult development of *Helicoverpa assulta* at optimal rearing temperature ($25 \pm 1^\circ\text{C}$). CC, cystocyte; FC, follicle cells; NC, nurse cells; OC, oocyte; A, 5-day old pupa ($\times 460$); B, 6-day old pupa ($\times 450$); C, 7-day old pupa ($\times 450$); D, 8-day old pupa ($\times 630$); E, 9-day old pupa ($\times 450$); F, 1-day old adult ($\times 430$).

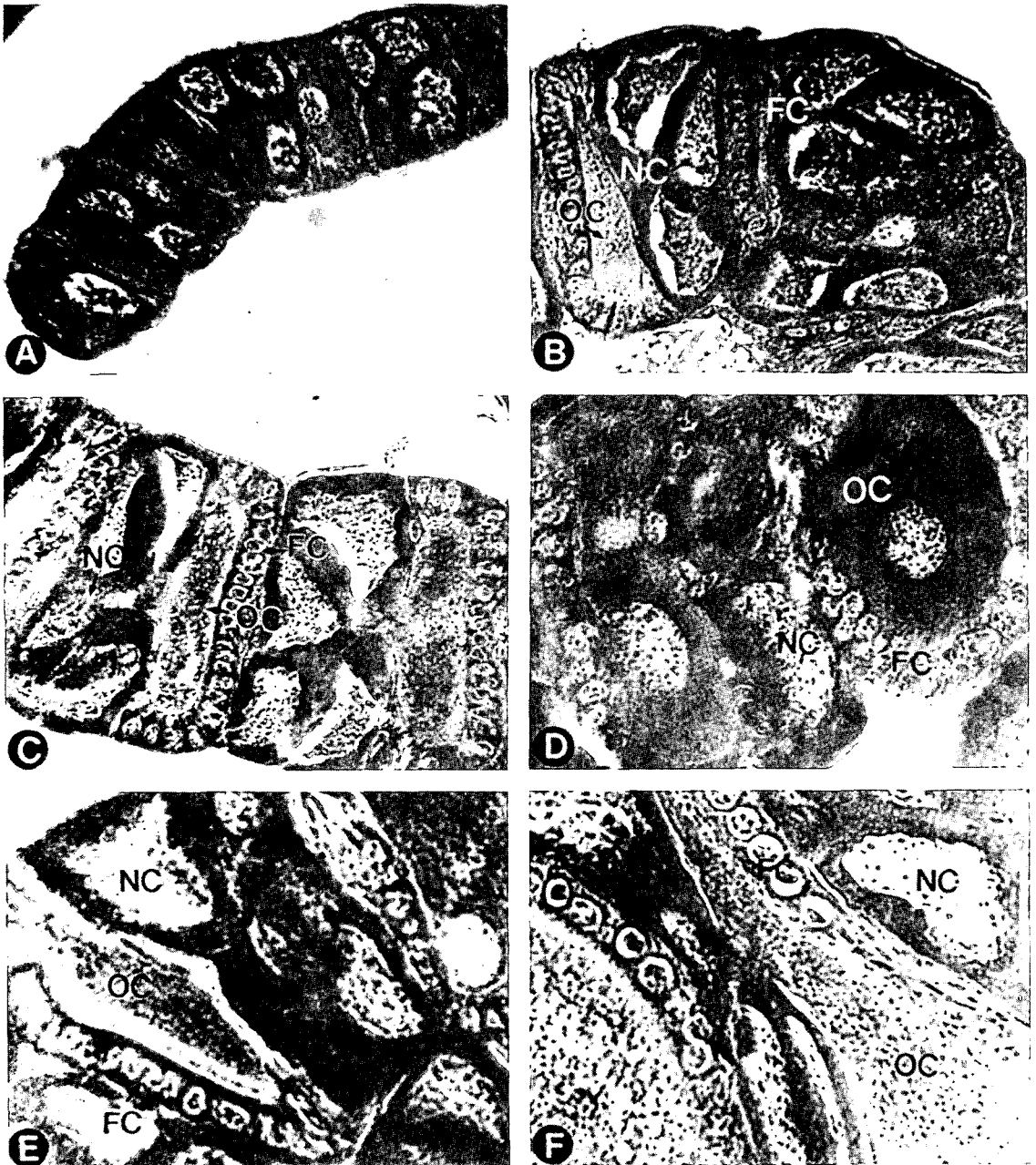


Fig. 3. Light microphotographs(longitudinal section) of ovariole during pupal-adult development of *Helicoverpa assulta* at elevated sublethal temperature ($33\pm 1^{\circ}\text{C}$). CC, cystocyte; FC, follicle cells; NC, nurse cells; OC, oocyte; A, 5-day old pupa ($\times 520$); B, 6-day old pupa ($\times 420$); C, 7-day old pupa ($\times 420$); D, 8-day old pupa ($\times 370$); E, 9-day old pupa ($\times 380$); F, 1-day old adult ($\times 400$).

소에서 용 증기 이후에 이 세 가지 polyamine 류의 수준이 모두 정상 발생군에 비해 낮은 값을 보이는 현상과 일치하였다 (Yoo 등, 1998).

식물과 세균에서는 ODC와 ADC의 작용에 의해 polyamine 생합성이 시작되는데 (Tabor와 Tabor, 1984), 곤충에서 ADC 존재 여부는 아직 확실히 밝혀져 있지 않다 (Pegg와 McCann, 1988). 본 실험에서도 방사선동위원소를 기질로 하여 난소에서 이들 효소들의 활성도를 측정된 결과, ODC는 물론 비교적 높은 ADC의 활성이 검출되었으며, 두 효소 모두 발생의 진행에 따라 유의성있는 역동적 변화를 보임에 따라 (Table. 2) 곤충에서도 ADC에 의한 polyamine 생합성 경로가 존재함이 관찰되었다. 담배나방 난소에서의 ODC 활성도는 용 5일 이후부터 용 말기에 이르기까지 계속 증가하여 정소에서의 변화 (Yoo 등, 1998)와 동일한 양상을 보였으나, 성충기에 난소의 단위 생체량당 활성도는 감소하는 양상을 나타내었다. 또한 난소의 ADC 활성도는 ODC와는 반대로 용 5일 이후 용기 동안에 계속 감소하였으며, 성충 1일에서 난소의 단위 생체량당 활성도는 감소한 반면 난소당 총 활성도는 역시 난소의 생체량 증가에 따라 상승하여, 대체적으로 정소에서의 변화 (Yoo 등, 1998)와 난소에서의 변화가 유사한 양상을 보였다.

또한 상승아치사온도 발생시 난소에서 조직학적 변화가 확인되었는데, 발생 초기의 난소 발육이 정상 발생군에서의 발생에 비해 좀 더 빠르게 진행되고 있는 양상이 관찰되었으며, 발생이 진행됨에 따라 난모세포, 영양세포, 여포상피세포 등의 배열이 불규칙해졌다. 특히 영양세포의 조밀도가 현저히 감소되는 양상을 보여, 상승아치사온도 처리시 비정상적인 난소발생현상들이 나타나는 것으로 확인되었다(Fig. 2). 따라서 담배나방의 상승아치사온도 처리는 정상 발생군에 비해 난소 생체량의 감소 및 polyamine 대사에 저해효과를 나타낼 뿐만 아니라 난세포의 비정상적인 발달을 유도하였다.

상승아치사온도의 처리는 담배나방 성충기의 정소발달 및 폴리아민대사에 큰 영향이 있으며 불임 효과가 유발됨은 앞선 연구결과에서 확인되었다 (Yoo 등, 1998). 본 연구결과들에서 상승아치사온

도의 처리는 정소에 비해 난소에 미치는 영향이 적은 것으로 판단되나 난소의 비정상적인 발달 및 폴리아민대사의 저해로 암컷 불임효과도 있는 것으로 생각된다.

결 론

담배나방 (*Helicoverpa assulta*)의 난소에서 polyamine대사와 생식세포형성과정에 대한 상승아치사온도의 효과를 알아보기 위해 전용기 이후부터 상승아치사온도 ($33 \pm 1^\circ\text{C}$) 하에서 발생시키면서 주요 polyamine류의 함량과 ornithine decarboxylase (ODC) 및 arginine decarboxylase (ADC)의 활성도를 조사하고, 난세포 형성과정에서의 변동상을 조사하였다. 상승아치사온도에서 발생된 담배나방의 난소에서는 전 시기에 걸쳐 적정온도발생군에 비해 ADC 활성은 높게 나타나나 ODC의 활성은 반대로 계속 낮은 수준을 보였다. 또한 상승아치사온도 처리시 난소의 putrescine 수준은 전 시기에 걸쳐 적정온도발생군 보다 낮게 나타나 동 조건하에서의 ODC 또는 ADC의 활성도 변동상과 비교적 높은 상관성을 보였다. 상승아치사온도 하에서 발생 초기에는 난소의 발육이 조속하게 진행되는 현상이 관찰되었으나 발생이 경과됨에 따라 비정상적인 세포분화가 진행되었다. 상승아치사온도 하에서 발생된 난소는 불임과 관련성 있는 것으로 여겨지는 난세포의 비정상적인 발달과 폴리아민대사의 억제효과가 관찰되었다.

참 고 문 헌

- Abraham A. K. and A. Pihl (1981) Role of polyamine in macromolecular synthesis. *Trends Biochem. Sci.* 6:106-107.
- Anguillesi, M. C., I. Grilli, R. Tazziolo and C. Floris (1990) Polyamine accumulation in aged wheat seeds. *Biologia Plantarum (PRAHA)*. 32:189-197.
- Besson, M. J., P. Delbecque, J. Mathelin, A. M. Boisson and J. Delachambre (1986) Epidermal polyamine levels related to cell cycle event

- during the metamorphosis of *Tenebrio moritor* L. (Insecta, Coleoptera) : Effect of juvenoid application. *Comp. Biochem. Physiol.* 83B(3): 589-593.
- Bethell, D. R. and A. E. Pegg (1981) Polyamine are needed for the differentiation of 3T3-L1 fibroblasts into adipose cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 102:272-278.
- Birnbaum M. J. and L. I. Gilbert (1990) Juvenile hormone stimulation of ornithine decarboxylase activity during vitellogenesis in *Drosophila melanogaster*. *J. Comp. Physiol.* 160B: 145-151.
- Birnbaum M. J., T. M. Whelan and L. I. Gilbert (1988) Temporal alterations in polyamine content and ornithine decarboxylase activity during the larval-pupal development of *Manduca sexta*. *Insect Biochem.* 18:853-859.
- Bloom, T. J., E. L. Combest and L. T. Gilbert (1989) Spermine stimulation of phosphoprotein dephosphorylation in the brain of *Manduca sexta*. *Insect Biochem.* 20(1):29-36
- Bodnaryk, R. P. (1989) Dynamics of water and taurine in the pupal testis of the bertha armyworm, *Mamestra configurata* Wlk., during spermatogenesis. *Invert. Repro. Develop.* 15: 193-200.
- Bodnaryk R. P. and G. H. Gerber (1988) Inhibition of spermatogenesis of eupyrene spermatozoa by elevated, sublethal temperatures during pupal-adult development of the bertha armyworm, *Mamestra configurata* Wlk. (Lepidoptera:Noctuidae). *Invert. Repro. Develop.* 13: 65-84.
- Chen, K. Y., V. Presepe, N. Parken and A. Y. C. Liu (1982) Changes of ornithine decarboxylase activity and polyamine content upon differentiation of mouse NB-15 neuroblastoma cells. *J. Cell. Physiol.* 110:285-290.
- Corbin, J. L., B. H. March and G. A. Peter (1989) An improved method for analysis of polyamines in plant tissue by precolumn derivatization with o-phthalaldehyde and separation by high performance liquid chromatography. *Plant Physiol.* 90:434-439.
- Dienel, G. A. and N. F. Cruz (1984) Induction of brain ornithine decarboxylase during recovery from metabolic, mechanical, thermal or chemical injury. *J. Neurochem.* 42:103-1061.
- Hamana K., S. Matsuzaki and K. Inoue (1984) Changes in polyamine levels in various organs of *Bombyx mori* during its life cycle. *J. Biochem.* 95:1803-1809.
- Hamana K., M. Suzuki, T. Wakabayashi and S. Matsuzaki (1989) Polyamine levels in the gonads, sperm and salivary gland of cricket, cockroach, fly and midge. *Comp. Biochem. Physiol.* 92B:691-695.
- Hopkins, C. R. and P. E. King (1996) An electronmicroscopical and histochemical study of the oocyte periphery in *Bombus terrestris* during vitellogenesis. *J. Cell Sci.* 1:201-216.
- Jeong, S. E. and S. B. Kown (1996) Effects of inhibitors on polyamine metabolism during spermatogenesis of *Helicoverpa assulta*. *Korean J. Entomol.* 26(4):299-311.
- Joseph, K. and T. G. Baby (1988) Polyamine change during insect development : A comparison between the housefly *Musca domestica* and the plant bug *Dysdercus koenigii*. *Insect Biochem.* 18(8):807-810.
- Pegg, A. E. (1988) Polyamine metabolism and its importance in neoplastic growth and as a target for chemotherapy. *Cancer Res.* 48: 759-774.
- Pegg, A. E. and P. P. McCann (1988) Polyamine metabolism and function mammalian cells and protozoans. *Biochem.* 27:11-18.
- Russell, D. H. and S. H. Snyder (1968) Amine synthesis in rapidly growing tissues: ornithine decarboxylase activity in regenerating rat liver, chick embryo, and various tumors. *Proc.*

- Natl. Acad. Sci. USA.* 60:1420-1427.
- Seely, J. E., H. Poesoe and A. E. Pegg (1982) Purification of ornithine decarboxylase from kidneys of androgen-treated mice. *Biochem.* 21:3394-3399.
- Strambi, C., A. M, Tirard., P, Renucci., P, Faure., R, Charpin., Augier and A, Strambi (1993b) Age and tissue-development ornithine decarboxylase and s-adenosylmethionine decarboxylase activities in neural tissue and fat body in adult crickets. *Arch. Insect Biochem. & Physiol.* 24:219-228.
- Tabor, C. and H. Tabor (1984) Polyamines. *Annu. Rev. Biochem.* 53:749 -790.
- Yoo, C. M., S. H. Kim., Y. H. La. and S. E. Jeong (1998) Effects of elevated sublethal temperature on polyamine metabolism in testis of *Helicoverpa assulta*. *Korean J. Entomol.* 28(3): 227-236.