

비닐하우스 재배농민의 농약에 의한 인체 위해성 연구

대구가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실

양 재 호 · 박 정 한

Health Risk Evaluation of the Vinylhouse Workers with Exposure to Pesticide

Jae Ho Yang, Jung Han Park

Department of Preventive Medicine, Taegu Catholic University

= ABSTRACT =

Health effects of pesticide among vinylhouse workers in Sangjoo County, Kyungpook Province were assessed by measuring cholinesterase, glutathion reductase, and methemoglobin.

Activities of cholinesterases among vinylhouse workers and general farmers were 3.89U and 3.98U in serum and 5.29U and 5.50U in red blood cells, respectively. While levels of methemoglobin between vinylhouse workers(0.16%) and general farmers(0.17%) were very similar, glutathione reductase among vinylhouse workers were 8% lower than that of general farmers.

Inhibition of RBC cholinesterase among vinylhouse workers was two times greater than general farmers, suggesting a greater exposure of vinylhouse workers to the organophosphate pesticides.

Methemoglobin level among vinylhouse workers with more than or equal to 10 vinylhouse units was 13% higher than that of the workers with less than 10 units.

Vinylhouse workers using protective gears during pesticide spray showed higher level of reduced glutathione and lower level of methemoglobin, as compared to the non-users. This indicates that protective gears play an important role against pesticide exposure.

Vinylhouse workers practicing good personal hygiene showed a higher level of reduced glutathione, as compared to those with poor personal hygiene, indicating that personal hygiene is also an important factor in reducing pesticide exposure.

The present study represents a first attempt to analyze cholinesterase, methemoglobin and glutathione reductase activities among the vinylhouse workers. While neither vinylhouse workers nor general farmers showed abnormal findings among biochemical parameters used in the present study, increased level of methemoglobin and decrease of glutathione reductase activity among vinylhouse workers suggest that these workers have been subject to a higher exposure of pesticide than general farmers.

Key words : vinylhouse, cholinesterase, glutathione reductase, methemoglobin

1. 서 론

비닐하우스 내부는 환기가 잘되지 않고 고온이며 외부와의 온도차이도 10℃ 이상이며, 오랜 기간동안 같은 장소에서 경작된 경우 비료 및 농약 등에 의해 토양오염도 높은 것으로 보고되었다(박정환과 양재호, 1993). 특히 이러한 특수 작업 환경내에서의 농약살포는 각종 질병과도 관련이 있는 것으로 알려져 있는데, 한 조사결과에 따르면 농약에 노출된 비닐하우스 내에서 일하는 여성이 농약에 노출되지 않은 여성보다 10배 가량 각종 신체장애가 높았다(Kundiev, 1986).

농약의 장기간 노출은 암, 태아독성, 불임, 자연유산, 선천성 기형 등과 관련성이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 유기인 제재나 카바메이트 제재의 농약들의 노출에 따른 임상적 증상을 나타내는 경우는 매우 흔하게 관찰될 수 있으며 그 증상의 종류도 매우 다양하다(Rodnitzky, 1975).

유기인제 농약의 경우 신경전달물질 분해효소인 콜린에스테라제의 기능 저하 등으로 각종 신경계 질환을 유발시키는데 최근 보고에 따르면 농약살포 행위와 이 효소의 기능저하간의 유의한 상관성이 있는 것으로 알려져 있다(Ciesielski 등, 1994). 또한 이 효소의 기능저하는 농약의 노출에 의해서만 일어날 수 있으므로 농민의 신체증상 효소와의 관련성 조사는 농약의 위해도 평가에 중요하다고 생각된다. 그 밖의 다른 농약들도 혈액의 산소공급 및 각종 에너지대사에 관여하는 효소를 변화시켜 용혈성 빈혈 및 발암과정에 관여하는 것으로 알려져 있다(Ecobichon, 1991).

미국의 경우 2백만명에서 5백만명 정도의 농민이 유기인제재 및 카바메이트 제재의 농약노출에 의한 건강상의 문제를 가지고 있는 것으로 나타나 이들 농약들에 대한 노출의 평가 및 보호대책의 필요성이 강조된 바 있다(Coye 1985; Kahn, 1976)

1993년 경북 성주군 농민들을 대상으로 조사한 결과에 의하면 비닐하우스 재배농민이 일반농민보다 농약살포 횟수가 많고 농약중독의 경험도 더 많은 것으로 나타났다. 하지만 비닐하우스 내 농약살포시 보호구를 착용하지 않은 농민

이 46%나 되어 이에 따른 대책 및 지도가 시급한 것으로 지적되었다(박정환과 양재호, 1993).

따라서 본 연구는 거의 밀폐된 공간에서 작업을 계속하는 비닐하우스 농민의 농약의 노출에 따른 인체 영향을 생물학적 지표에 따라 일반농민과 비교 검토하고 농약노출에 따른 이들 지표들의 이상 여부를 확인함으로써 신체증상 효소와 농약노출에 따른 인체 생물학적 변화와 관련성을 분석하여 이에 따른 예방대책을 세울 수 있는 기초자료를 제공하고저 하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상 지역 및 대상자 선정

경상북도 성주군 선남면에서 일반농업 및 비닐하우스 재배농업에 종사하는 35세 이상 65세 미만의 남자 주민들을 대상으로 군 보건소를 통하여 설문조사 및 채혈에 협조하도록 미리 통보하였다. 선남면 주민들 가운데 위 인정조건에 해당되는 사람들을 그들의 건강상태를 모르는 상황에서 비닐하우스에 종사하는 농업인 30명, 일반농사를 하는 농업인 20명을 각각 무작위로 선정하였다.

2. 조사방법

2.1 설문조사 및 채혈

1994년 5월 17일 성주군 선남면 면사무소 회의실에서 대상자 50명중 참가인 42명(일반농민 18, 비닐하우스 농민 24)에 대하여 3명의 출원된 의사 및 간호사들이 조사대상자의 농약살포 경험, 농약 사용종류, 보호구 사용실태, 개인위생관리, 신체적 증상, 음주, 흡연 등에 관하여 설문지(부록)를 이용해 면담조사하였다.

설문조사가 끝난 사람은 채혈을 하였으며 Cholinesterase측정을 위하여 혈액의 일부는 혈청과 적혈구로 즉시 분리한 다음 4℃ 이하에 보관하였다. 비닐하우스 재배농민들 중 15명에 대해서는 3M사의 면제 여과식 방진마스크(#8710)를 보급하고 사용방법을 설명한 다음, 반드시 농약 살포시 바른 방법으로 착용할 것을 요청하였으며 나머지 농민들은 평상시대로 농약을 살포하게 하였다. 대상자들의 농약노출에 따른

Cholinesterase의 저해정도를 파악하기 위하여 첫 번째 채혈일로부터 4주 후인 1994년 6월 15일 같은 장소에서 2차 채혈을 실시하였다. 따라서 본 연구에서는 Cholinesterase의 저해율은 1차 및 2차 채혈 참가자(29명)에 한하여 검출되었으며 그 밖의 다른 지표는 1차 채혈 표본(41명)에서 검출되었다.

2.2 분석방법

a. 혈청 Cholinesterase : Whittaker 방법에 의해 측정되었다. 67mM Sorensen's phosphate buffer 용액에 0.27mM DTNB를 녹여 Buffered Ellman's reagent를 만든 다음 2.9ml of DTNB 용액에 0.1ml의 2.98mM Butyrylthio choline 기질용액을 넣은 다음 혈청 Sample 20 μ l를 넣고 가볍게 혼돈 후 410nm에서 5분간 U.V. 흡광분석기로 OD값을 읽는다. 1 unit는 μ mol of 5-thio-2-nitrobenzoate/1 mg of protein/min 이며, 정상치는 2.0-5.2 U로 알려져 있다.

b. 적혈구 Cholinesterase : 100mM phosphate buffer pH8.0, 3ml, Buffered Ellman's reagent (DTNB solution), 0.1ml 75mM Acetylcholine iodide 0.02ml을 Cuvette에 넣은 후 25 $^{\circ}$ C에서 10분간 둔다. 혈청을 제거한 적혈구 20 μ l를 넣고 U.V. 흡광분석기를 이용하여 410nm에서 5분간 OD값을 측정한다. 1 unit는 μ M of 5-thio-2-nitrobenzoate/min/ ml of packed RBC이며, 정상치는 4.1-6.5 U로 알려져 있다. Cholinesterase 분석은 Mary whittaker의 방법에 의해 이루어졌다.

c. Methemoglobin : Ernest Beutler의 방법에 따라 측정되었다. 간단히 서술하면, 0.1ml의 신선한 전혈(whole blood)을 10ml의 0.0166M phosphate buffer에 넣고 잘 혼돈 다음, 630nm에서 U.V. 흡광기로 OD값을 읽는다(ODA). Cuvette에 cyanide를 넣고 다시 630nm에서 OD값을 읽는다(ODB). Cuvette에 들어 있는 2ml의 내용물에 8ml의 0.66M phosphate buffer를 넣고 20%의 potassium ferricyanide와 cyanide 용액을 각각 한 방울씩 넣은 다음 540nm에서 OD값을 읽는다(ODD). ODA의 ODB의 차이점을 ODD 값으로 나누어 Methemoglobin의 량을 측정한다. 단위는 g/dl이다. 정상치는 2% 즉 0.2 g/dl of whole blood 이하로 알려져 있다.

d. 환원형 GSH의 측정, Ernest Beutler의 방법에 따라 측정하였다. 약술하면 Cuvette에 물 690 μ l, trisHCl-EDTA buffer 50 μ l, 적혈구용혈액 10 μ l, NADPH 50 μ l, GSSG 100 μ l를 넣은 다음 37 $^{\circ}$ C에서 10분간 진탕한 다음 U.V. 흡광분석기로 340nm에서 OD값을 읽어 Glutathione reductase에 의한 GSSG로부터 GSII의 생성량을 측정한다.

3. 통계분석

통계분석은 Penn State and Wisconsin 통계연구소의 Minitab Release 5.1로 실시하였다.

III. 성 적

1. 대상자의 연령분포

분석대상자 41명중 비닐하우스 농민은 31명(76%), 일반농민은 10(24%)명이었고 모두 남자였다. 비닐하우스 재배농민의 나이분포는 일반농민보다 낮았다. 비닐하우스 재배농민의 경우 40대가 전체의 52%로 가장 많고 60대는 없었으며 반면 일반농민의 경우, 50대 남자가 50%로 가장 많았고, 30대는 없었다(표 1).

표 1. 대상자의 연령분포

나 이	일 반 명 (%)	비닐하우스 명 (%)	전체대상자 명 (%)
39세 이하	0 (0)	8 (26)	8 (20)
40 - 49세	2 (20)	16 (52)	18 (44)
50 - 59세	5 (50)	7 (22)	12 (29)
60세 이상	3 (30)	0 (0)	3 (7)
계	10(100)/24%	31(100)/76%	41(100)/100%

2. 비닐하우스 재배농민과 일반농민의 농약노출에 따른 생물학적 변화

일반농민 10명 및 비닐하우스 농민 31명의 혈청 콜린에스테라제를 측정한 결과, 각각 3.89, 3.98로서 유의한 차이가 없었으며 이들의 적혈구 Cholinesterase의 측정결과도 각각, 5.29, 5.50

으로서 차이가 없었다(표 2). 하지만 이들 수치는 모두 정상치 범위였다.

표 2. 비닐하우스 재배 농민과 일반 농민의 혈청 및 적혈구 콜린에스테라제 활성치

구 분	Cholinesterase	
	Serum ¹	RBC ²
일 반 (n = 10)	3.89 ± 1.11	5.29 ± 2.14
비닐하우스 (n = 31)	3.98 ± 1.30	5.50 ± 1.12

1, $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ of protein
2, $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$ of packed RBC

Methemoglobin은 0.16, 0.17로서 두 농민군간에 차이를 보이지 않았다. 하지만 GSH의 값은 일반이 6.26, 하우스 농민이 5.79로서 하우스농민의 GSH값이 8%가량 감소하였다($p < 0.05$)(표 3). 하지만 Methemoglobin과 GSH의 값은 정상치 범위였다.

표 3. 비닐하우스 재배 농민과 일반 농민의 methemoglobin 및 GSH의 농도

구 분	Methemoglobin(g/dl)	GSH ¹
일 반 (n = 10)	0.16 ± 0.03	6.26 ± 0.66
비닐하우스 (n = 31)	0.17 ± 0.04	5.79 ± 0.48*

1, $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$ of hemoglobin
*, $p < 0.05$ (일반과 비교)

3. 비닐하우스 재배농민과 일반농민의 Cholinesterase 증감율

Cholinesterase의 활성치 저해율은 유기인제 재독에 의한 노출을 의미하므로 1차 체혈후 4주간이 지나 2차체혈을 실시한 결과, 일반농민은 50%(5명), 비닐하우스 농민은 77%(24명)가 검사에 응했다. 혈청 Cholinesterase 활성도는 일반농민에게서는 오히려 2.4% 증가한 반면 비닐하우스 재배농민은 8.4% 저하하였다. 적혈구 Cholinesterase 경우도, 일반의 경우 3.2%가 증가한 반면, 비닐하우스 농민은 5.7% 감소를 보였다. 하지만 통계적 유의성은 없었다(표 4).

표 4. 비닐하우스 재배 농민과 일반 농민의 혈청 및 적혈구 콜린에스테라제 증감율(%)

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
일 반 (n = 5)	-0.68 ± 14.9	1.98 ± 6.15
비닐하우스 (n = 24)	-8.4 ± 16.0	-5.7 ± 10.8*

*, $p < 0.05$ (일반과 비교)

비닐하우스 재배 농민중 3M사의 방진마스크를 사용한 농민과 그렇지 않은 농민과의 비교는 혈청 Cholinesterase의 경우 마스크착용이 7.6%, 미착용이 8.1%감소, 적혈구 Cholinesterase의 경우 마스크착용이 5.6%, 마스크 미착용이 7.7% 감소로서 다소 차이는 있으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(표 5).

표 5. 비닐하우스 재배 농민과 마스크를 분배받은 비닐하우스 재배 농민의 혈청 및 적혈구 콜린에스테라제의 증감율(%)

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
마스크 미착용 (n = 11)	-8.1 ± 19.8	-7.7 ± 13.9
마스크 착용 (n = 13)	-7.6 ± 12.9	-5.6 ± 9.61

4. 비닐하우스 재배면적에 따른 인체의 영향

비닐하우스 재배농민 중 2차 체혈까지 참여하여 저해율 계산이 가능한 24명의 대상자에 대하여 혈청 및 적혈구 Cholinesterase를 조사하였다. 혈청 효소의 경우, 10동 이상은 8.0%, 10동 미만은 4.6% 감소하였으며 적혈구 효소의 경우는 10동 이상에서 7.4%, 10동 미만에서 2.8%를 보여 다소 10동 이상 농민이 저해율이 높았으나 통계적 유의성은 없었다(표 6).

또한 Methemoglobin의 경우 10동 이상 농민(0.17)이 10동 미만 농민(0.17)에 비해 13% 정도 높은 값을 보였다. GSH의 경우 10동 이상이 5.92, 10동 이하가 6.15를 나타냈으나 통계적 유의성은 없었다(표 7).

표 6. 비닐하우스 재배 농민중 재배면적에 따른 생물학적 지표의 변화(콜린에스테라제)

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
10동 이상 (n = 13)	-8.0 ± 17.2	-7.4 ± 10.9
10동 미만 (n = 11)	-4.6 ± 17.5	-2.8 ± 12.8

표 7. 비닐하우스 재배 농민중 재배면적에 따른 생물학적 지표의 변화(methemoglobin, GSH)

구 분	Methemoglobin	GSH
10동 이상 (n = 17)	0.17 ± 0.02	5.92 ± 1.01
10동 미만 (n = 14)	0.15 ± 0.03*	6.15 ± 0.77

*, p < 0.05 (10동 이상과 비교)

5. 비닐하우스 재배농민의 농약살포시 보호용구 착용여부에 따른 인체의 영향

농약 살포시 긴바지, 장갑 및 보호마스크 모두를 착용하는 농민과 그렇지 않은 농민을 비교한 결과, 혈청 콜린에스테라제의 경우 3가지 모든 보호구를 사용한 농민의 저해율(10.7%)이 그렇지 않은 농민(17.5%)보다 낮았으며 적혈구 Cholinesterase의 경우도 보호구 착용농민의 저해율(0.0%)이 미착용농민(10.9%)보다 낮았다. 하지만 통계적 유의성은 없었다(표 8).

표 8. 비닐하우스 재배 농민중 농약 살포시 보호용구 착용여부에 따른 인체의 생물학적 변화(콜린에스테라제)

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
보호용구착용 (n = 12)	-10.7 ± 8.18	-0.6 ± 8.18
보호용구미착용 (n = 12)	-17.5 ± 6.90	-10.9 ± 10.8

Methemoglobin의 경우 보호구 착용(0.14)의 경우가 미착용(0.17)보다 높았으며 GSH의 값은 보호용구착용(6.6) 농민이 미착용 농민(5.84)보다 높았다(표 9).

표 9. 비닐하우스 재배 농민중 농약 살포시 보호용구 착용여부에 따른 인체의 생물학적 변화(methemoglobin, GSH)

구 분	Methemoglobin	GSH
보호용구착용 (n = 14)	0.14 ± 0.02	6.60 ± 0.73
보호용구미착용 (n = 17)	0.17 ± 0.02*	5.84 ± 0.64*

*, p < 0.05 (보호용구착용과 비교)

6. 비닐하우스 재배 농민의 농약 살포후 개인위생 관리에 따른 인체의 영향

농약살포후 음식먹기전, 담배피우기 전 및 용변시 손을 깨끗이 씻는 농민과 그렇지 않은 농민을 비교 분석한 결과, 혈청 Cholinesterase의 경우, 개인위생관리를 잘 지켜지는 농민의 저해율(6.1%)은 위생관리가 소홀한 농민(10.1)보다 낮았으며 적혈구 Cholinesterase의 경우도 개인위생을 잘 관리하는 농민의 저해율(4.34%)이 관리를 소홀히 하는 농민(11.05)보다 낮았다(표 10).

Methemoglobin 또한 0.144, 0.155로서 유의한 차이가 없었다. 하지만 GSH의 값은 개인위생관리를 잘하는 농민(6.64)이 그렇지 않은 농민(5.79)보다 유의하게 높았다(표 11).

표 10. 비닐하우스 재배 농민중 농약 살포후 개인위생 관리에 따른 인체의 생물학적 변화(콜린에스테라제)

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
개인위생관리 (n = 16)	-6.1 ± 7.5	-4.34 ± 7.00
개인위생소홀 (n = 8)	-10.1 ± 8.0	-11.05 ± 4.40

표 11. 비닐하우스 재배 농민중 농약 살포후 개인위생 관리에 따른 인체의 생물학적 변화(methemoglobin, GSH)

구 분	Methemoglobin	GSH
개인위생관리 (n = 21)	0.144 ± 0.02	6.64 ± 0.29
개인위생소홀 (n = 10)	0.155 ± 0.03	5.79 ± 0.30*

*, p < 0.05 (개인위생관리와 비교)

7. 농약 살포시 긴바지 착용여부에 따른 인체의 영향

비닐하우스 재배농민의 농약살포시 조사 대상자의 55% 정도는 긴바지를 착용하지 않았으며, 긴바지 착용여부에 따른 인체의 영향을 검토한 결과 긴바지 착용 농민의 혈청 Cholinesterase 저해율(5.8%)이 착용하지 않는 농민(10.5%)에 비해 낮았으며 적혈구 Cholinesterase의 경우도 긴바지를 착용한 농민(1.5%)이 착용하지 않은 농민(10.89)보다 낮았다(표 12).

Methemoglobin(0.162, 0.170) 및 GSH(6.02, 5.82) 또한 두군간에 유의한 차이는 없었다(표 13).

표 12. 비닐하우스 재배농민중 농약 살포시 긴바지 착용여부에 따른 인체의 생물학적 변화(콜린에스테라제)

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
착용한다 (n = 11)	-5.8 ± 10.1	-1.5 ± 13.4
착용치 않는다 (n = 13)	-10.5 ± 10.3	-10.89 ± 7.83

표 13. 비닐하우스 재배농민중 농약 살포시 긴바지 착용여부에 따른 인체의 생물학적 변화(methemoglobin, GSH)

구 분	Methemoglobin	GSH
착용한다 (n = 17)	0.162 ± 0.04	6.023 ± 0.94
착용치 않는다 (n = 14)	0.17 ± 0.03	5.82 ± 0.90

8. 농약 살포시 장갑의 착용여부에 따른 인체의 영향

비닐하우스 재배농민은 농약살포시 68%가 장갑을 착용하지 않았으며 장갑착용여부에 따른 인체의 영향을 분석한 결과, 혈청 Cholinesterase의 경우 장갑착용농민의 저해율(5.1%)이 미착용농민(10%)보다 낮았으며 적혈구 Cholinesterase의 경우도 정검착용농민의 저해율(5.3%)이 미착용농민(7.2%)보다 낮았다(표 14).

Methemoglobin의 값은 착용군 0.16, 미착용군

0.17로서 서로 근사한 값을 보였고 GSH의 경우도 착용군이 5.99, 미착용군이 5.87로서 서로 비슷하였다(표 15).

표 14. 농약 살포시 장갑의 착용여부에 따른 인체의 생물학적 변화(콜린에스테라제)

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
착용한다 (n = 8)	-5.1 ± 15.9	-5.3 ± 12.1
착용치 않는다 (n = 16)	-10.0 ± 16.4	-7.2 ± 11.6

표 15. 농약 살포시 장갑의 착용여부에 따른 인체의 생물학적 변화(methemoglobin, GSH)

구 분	Methemoglobin	GSH
착용한다 (n = 10)	0.16 ± 0.04	5.99 ± 0.89
착용치 않는다 (n = 21)	0.17 ± 0.03	5.87 ± 0.94

9. 마스크 착용여부에 따른 인체의 영향

비닐하우스 재배농민 중 67% 정도가 농약 살포시 마스크를 착용하지 않는 것으로 나타났으며 마스크 착용농민과 미착용농민의 인체의 영향을 분석한 결과 혈청 Cholinesterase의 경우 마스크 착용농민의 저해율(5.1%)에 비해 미착용농민의 저해율(10%)이 더 높았으며 적혈구 Cholinesterase의 경우도 미착용농민(7.2%)이 마스크 착용농민(5.3%)보다 높았다(표 16).

Methemoglobin은 착용농민이 0.164, 미착용농민이 0.168로서 서로 비슷하였고 GSH는 착용농민이 6.0, 미착용농민이 5.87로서 착용농민이 약간 높았으나 통계적 유의성은 없었다(표 17).

표 16. 농약 살포시 마스크 착용여부에 따른 인체의 생물학적 변화(콜린에스테라제)

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
착용한다 (n = 8)	-5.1 ± 8.8	-5.3 ± 12.1
착용치 않는다 (n = 16)	-10.0 ± 16.4	-7.2 ± 11.6

표 17. 농약 살포시 마스크 착용여부에 따른 인체의 생화학지 변화(methemoglobin, GSH)

구 분	Methemoglobin	GSH
착용한다 (n = 10)	0.164 ± 0.04	6.00 ± 0.81
착용치 않는다 (n = 21)	0.168 ± 0.03	5.87 ± 0.94

10. 농약 살포 후 음식먹기전 손을 씻는지에 따른 인체의 영향

비닐하우스 재배농민 중 대부분인 86%가 농약 살포 후 음식먹기 전에 손을 씻는 것으로 나타났다는데, 혈청 Cholinesterase 경우 손을 씻지 않은 농민의 활성치는 9.0% 증가한 반면 손을 씻는 농민의 활성치는 11% 감소함을 보였다. 적혈구 Cholinesterase의 경우 손을 씻는 농민의 활성치 저해율이 6.2%, 씻지 않는 농민은 9.37%로서 손을 씻는 농민의 저해율이 더 낮았다(표 18).

Methemoglobin는 씻는 농민이 0.15, 씻지 않는 농민이 0.17로 나타났고 GSH는 씻는 농민이 5.92, 씻지 않는 농민이 5.87로 나타났으나 서로 통계적인 유의성은 없었다(표 19).

표 18. 농약 살포후 음식먹기전 손을 씻는지에 따른 콜린에스테라제의 변화

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
씻는다 (n = 21)	11.0 ± 13.0	-6.2 ± 10.2
씻지 않는다 (n = 3)	9.9 ± 26.4*	-9.37 ± 5.74

*, p < 0.05 (씻는다와 비교)

표 19. 농약 살포후 음식먹기전 손을 씻는지에 따른 methemoglobin, GSH의 변화

구 분	Methemoglobin	GSH
씻는다 (n = 27)	0.15 ± 0.01	5.92 ± 0.95
씻지 않는다 (n = 4)	0.17 ± 0.03	5.87 ± 0.72

11. 농약 살포 후 흡연전에 손을 씻는지에 따른 인체의 영향

비닐하우스 재배농민 중 농약살포 후 손을 씻지 않고 담배를 피우는 경우는 81%로 나타났으며 두 군간의 혈청 Cholinesterase의 저해율은 손을 씻는 농민이 9.2%, 씻지 않는 농민이 8.1%이고 적혈구 Cholinesterase의 저해율은 씻는 농민이 4.6%, 씻지 않는 농민이 7.1%의 저해율을 보였다. 그러나 두군간의 통계적 유의성은 없었다(표 20).

Methemoglobin의 경우도 0.16, 0.17로서 두군간의 유의한 차이가 없었다. 하지만 GSH의 값은 씻는 농민이 7.11, 씻지 않는 농민이 5.67로서 씻는 농민의 GSH 값이 유의하게 높았다(p<0.05)(표 21).

표 20. 농약 살포후 담배 피우기전 손을 씻는지에 따른 콜린에스테라제의 변화

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
씻는다 (n = 5)	-9.2 ± 14.7	-4.6 ± 17.6
씻지 않는다 (n = 14)	-8.1 ± 16.7	-7.1 ± 10.0

표 21. 농약 살포후 담배 피우기전 손을 씻는지에 따른 methemoglobin, GSH의 변화

구 분	Methemoglobin	GSH
씻는다 (n = 6)	0.16 ± 0.03	7.11 ± 1.14
씻지 않는다 (n = 19)	0.17 ± 0.03	5.67 ± 0.66*

*, p < 0.05 (씻는다와 비교)

12. 농약 살포 후 용변시 손을 씻는 지에 따른 인체의 영향

비닐하우스 농민 중 84%가 농약살포후 용변시 손을 씻지 않는 것으로 나타났으며 두군간의 혈청 Cholinesterase 저해율은 손을 씻는 농민의 경우 11.5%, 씻지 않는 농민의 경우는 10.7%였고 적혈구 Cholinesterase의 저해율은 씻는 농민

과 씻지 않는 농민이 각각 6.4%, 7.8%로 나타났다(표 22).

Methemoglobin의 값도 0.16, 0.17로 서로 유의한 차이가 없었다. 하지만 GSH의 값은 씻는 농민이 6.57, 씻지 않는 농민이 5.78로서 씻는 농민의 값이 더 높았다(표 23).

표 22. 농약 살포후 용변시 손을 씻는지에 따른 콜린에스테라제의 변화

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
씻는다 (n = 4)	-11.5 ± 14.4	-6.4 ± 12.6
씻지 않는다 (n = 20)	-10.7 ± 7.7	-7.8 ± 2.3

표 23. 농약 살포후 용변시 손을 씻는지에 따른 methemoglobin, GSH의 변화

구 분	Methemoglobin	GSH
씻는다 (n = 5)	0.16 ± 0.02	6.57 ± 0.46
씻지 않는다 (n = 26)	0.17 ± 0.03	5.78 ± 0.18*

*, p < 0.05 (씻는다와 비교)

13. 농약 살포 후 신체적 증상과 생물학적 지표의 변화

비닐하우스 농민 중 농약 살포 후 신체적 증상을 느낀 농민은 전체의 61% 정도이었으며 증상호소에 따른 혈청 Cholinesterase 분석 결과 증상을 느낀 농민의 저해율은 9.5%인 반면 느끼지 못한 농민의 저해율은 7.7%이었다. 또한 적혈구 Cholinesterase도 증상을 느낀 농민이 7.1%, 느끼지 못한 농민이 6.3%로 증상을 느낀 농민의 저해율이 약간 높게 나왔으나 통계적 유의성은 없었다(표 24).

하지만 Methemoglobin은 증상을 느낀 농민(0.17)이 증상을 느끼지 못한 농민(0.15%)보다 유의하게 높았다. GSH는 두군이 각각 5.95, 5.88로서 서로 비슷한 값을 보였다(표 25).

표 24. 농약 살포후 신체적 증상을 느꼈는지에 따른 콜린에스테라제의 변화

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
증상을 느끼지 않았다 (n = 9)	-7.7 ± 17.5	-6.3 ± 12.2
증상을 느꼈다 (n = 15)	-9.5 ± 14.1	-7.11 ± 5.57

표 25. 농약 살포후 신체적 증상을 느꼈는지에 따른 methemoglobin, GSH의 변화

구 분	Methemoglobin	GSH
증상을 느끼지 않았다 (n = 12)	0.156 ± 0.010	5.95 ± 0.46
증상을 느꼈다 (n = 19)	0.173 ± 0.007*	5.88 ± 0.47

*, p < 0.05 (증상을 느끼지 않았다와 비교)

14. 흡연에 따른 인체의 영향

대상 비닐하우스 농민의 81%가 흡연을 하며 흡연에 따른 혈청 Cholinesterase의 저해율은 흡연 농민과 비흡연농민이 각각 10.3%, 8.0%로 나타났다으며 적혈구 Cholinesterase의 경우는 흡연 농민에서 활성치가 0.2%, 증가한 반면 비흡연농민은 8% 감소하였다. 그러나 서로 통계적 유의성은 없었다(표 26).

Methemoglobin의 경우도 각각 0.17, 0.16으로 서로 비슷한 값을 보였다. 하지만 GSH의 경우는 비흡연자가 6.72, 흡연자가 5.75를 보여 비흡연자의 GSH값이 유의한 차이로 높았다(p<0.05)(표 27).

표 26. 흡연에 따른 콜린에스테라제의 변화

구 분	Cholinesterase	
	Serum	RBC
흡연한다 (n = 19)	-10.3 ± 8.4	0.2 ± 16.0
흡연하지 않는다 (n = 5)	-8.0 ± 16.3	-8.0 ± 10.2

표 27. 흡연에 따른 methemoglobin, GSH의 변화

구 분	Methemoglobin	GSH
흡연한다 (n = 25)	0.171 ± 0.007	5.75 ± 0.84
흡연하지 않는다 (n = 6)	0.165 ± 0.034	6.72 ± 0.80*

*. p < 0.05 (흡연한다와 비교)

IV. 고 찰

1. 대상자의 연령분포

분석대상자 중 비닐하우스 재배 농민의 경우 40대 이하가 대부분인 반면, 일반 농민의 경우는 50대 이상이 대부분으로 비닐하우스 재배 농민의 평균 연령이 일반농민보다 낮았다. 이는 박정환 등(1993)이 조사한 결과와도 유사하였다.

2. 비닐하우스 재배 농민과 일반농민의 농약 노출에 따른 인체 영향

비닐하우스 농민과 일반농민의 Cholinesterase는 혈청의 경우 3.89, 3.98, 적혈구의 경우 5.29, 5.50이었는데 정상치 혈청 및 적혈구 Cholinesterase는 각각 1.8-5.0 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$, 4.1-6.5 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$ of packed RBC로서 모두 정상범위를 나타내었다.

Ciesielski 등(1994)은 농민 202명과 일반 노동자 42명을 대상으로 적혈구 Cholinesterase를 조사한 결과 농민들이 일반노동자에 비해 적혈구 Cholinesterase의 활성치가 유의한 차이로 낮았다고 보고한 바 있다. 이 보고서는 따라서 농민들의 농약 노출은 Cholinesterase의 활성치 저하로 평가할 수 있음을 보였다. 하지만 본 조사는 혈청 및 적혈구 효소 모두에서 농약에 더욱 노출될 것으로 추정되는 비닐하우스 농민과 일반 농민간에 효소활성치의 차이가 없었다. 이는 두군이 모두 일반인과는 달리 농약에 비슷하게 노출되고 있거나 또는 표본수의 부족에 따른 통계처리의 문제에서 비롯될 수도 있다.

Methemoglobin 또한 paraquat와 같은 농약을 포함한 산화성 자극물질(oxidant stressor)에 의해 생성되는데 용혈성 빈혈과도 관련이 있다(Smidt, 1991). 본 조사에서 나타난 Methemo-

globin의 농도는 0.16-0.17g/dl, 즉 1.6-1.7%로서 정상치인 2%미만의 범위이다. 이는 비닐하우스 농민과 일반 농민 모두 산화성 물질에 의한 혈액의 피해가 크지 않음을 시사한다. 하지만 GSH의 값은 일반 농민에서 높게 나타났는데 이는 GSH가 농약 등에 의한 Free radical을 흡수하여 일종의 보호역할을 하므로 GSH의 감소는 Free radical의 혈액내 증가를 상징하고 또한 혈액이 농약 등에 노출되어 자체 보호력이 떨어진 상태를 의미한다. 즉 Free radical의 공격은 NADPH의 공급이상을 초래해 Glutathione reductase의 감소를 일으키며 Glutathione의 이상은 GSH의 감소를 가져와 외부공격으로부터 우리 몸을 방어할 수 있는 체제를 손상시키고 세포막 손상 등에 따른 용혈성 빈혈 등을 일으킨다.

그러므로 본 조사에서 비닐하우스 농민의 GSH값 감소는 확실히 규명되지 않은 경로를 통하여 비닐하우스 농민이 농약 등의 산화성 물질에 더욱 노출되어 있음을 시사하고 있다. 두군의 GSH값은 각각 6.26, 5.79 μmol 으로서 정상치인 4 μmol 과 근접한 수치였다.

3. 비닐하우스 재배 농민과 일반 농민의 혈청 및 적혈구 Cholinesterase의 변화

Cholinesterase 활성치는 개개인에 따라 많은 차이가 있어 혈청의 경우 14%-46%, 적혈구의 경우 13-15% 이상의 격차가 있다. 본 연구 또한 효소의 저해율에 개인간의 격차가 극심하여 혈청의 경우는 15% 증가한 개체부터 24% 감소한 개체에 이르기까지 다양함을 보였으며 적혈구도 8% 증가에서 15% 감소까지 격심한 개인간의 활성치 저해율을 보였다. 이러한 반응의 차이는 분해효소를 만드는 유전자의 차이에 기인하는 것으로 알려져 있다. 즉 분해효소를 지배하는 유전자에 변이가 있는 개인은 효소의 구조에 이상을 가져와 유기인제제와의 결합력이 떨어져 상대적으로 유기인제제에 의한 효소 저해율이 감소하고 반대로 유전자에 의한 분해효소 구조가 유기인제제와 친화력이 높은 개인은 유기인제제에 의한 효소저해율이 급격히 증가하게 된다. 혈청효소의 경우 비닐하우스 농민의 저해율이 더 높았으나 심한 편차로 인하여 통계적 유의성은 보이지 않았다. 하지만 적혈구 효

소에서는 비닐하우스 농민의 저해율이 더 높아 비닐하우스 농민이 더욱 농약에 노출되고 있음을 시사한다. 하지만 이들의 저해율 정도는 모두 30% 미만으로서 독성증상이 나타나 치료를 요하는 저해율인 50% 보다는 훨씬 낮은 값이었다. 따라서 비닐하우스와 일반농민 사이에 농약에 의한 노출 정도의 차이는 있으나 미소할 것으로 생각되며 효소의 저해정도도 특별한 관심을 요하는 수준은 아님을 알 수 있다.

4. 방진마스크 사용에 따른 방어 효과

조사방법에서 서술하였듯이 방진마스크 착용 방법을 설명한 후 4주 후에 2차 채혈하여 착용농민과 미착용농민의 Cholinesterase 효소 저해율을 비교한 결과 혈청 및 적혈구 효소에서 두군간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 이것은 사용자의 착용방법이 옳지 않았거나 충실히 착용하지 않았을 가능성과 4주간 살포한 농약이 유기인제재가 아닌 제초제 등으로서 Cholinesterase의 저해에 영향을 주지 않았을 가능성이 있다. 제공된 방진마스크의 효율의 문제점도 또한 하나의 가능성 실명이 될 수도 있다.

5. 비닐하우스 재배 면적에 따른 인체의 영향

비닐하우스 경작 면적은 농약의 노출과도 비례할 수 있으므로 10동 이상 비닐하우스 재배를 하는 농민과 10동 미만의 농민을 비교한 결과, 혈청 및 적혈구 Cholinesterase의 저해율은 두군간에 유의한 차이를 보이지 않았으며, GSH 또한 두군간에 차이가 없었다. 하지만 Methemoglobin은 10동 이상 재배 농민에서 유의하게 높게 나타나 비닐하우스 재배 면적이 넓을수록 농약들이 내놓은 Free radical에 더욱 노출됨을 암시하고 있다.

6. 농약살포시 보호구착用に 따른 인체의 영향

비닐하우스 농민 중 농약 살포시 긴바지, 장갑, 마스크 모두를 착용하는 농민과 그렇지 않은 농민을 비교한 결과 혈청 및 적혈구 Cholinesterase의 저해율, 농약 살포시 보호구를 철저히 착용한 농민이 그렇지 아니한 농민에 비해 Methemoglobin의 값은 낮고 GSH는 높게 나

타나 보호구를 착용한 농민이 농약의 노출로부터 보호되고 있음을 시사하고 있다. 또한 보호구 각각에 대한 보호효과를 비교해 본 결과, 농약 살포시 긴바지의 착용은 본 조사의 모든 지표에서 보호효과를 보이지 않았으며 장갑착용의 경우 착용하는 농민이 Cholinesterase의 경우 저해율이 다소 낮은 경향이 있으나 통계적 유의성은 없었다. 또한 다른 모든 지표에서는 보호효과를 나타내지 않았다. 마스크 착용의 경우도 긴바지와 마찬가지로 보호효과를 나타내지 않았다.

따라서 본 연구는 농약 살포시 철저한 보호구의 착용만이 보호효과가 있음을 보여주고 있다.

7. 농약 살포 후 개인위생관리에 따른 인체의 영향

비닐하우스 재배 농민 중 농약 살포 후 음식 먹기 전, 용변시 및 흡연시 손을 씻는 행위가 농약노출감소와 관련이 있는지 조사한 결과, 3가지 사항 모두를 철저히 지키는 농민은 혈청 및 적혈구 Cholinesterase 저해율이 그렇지 않은 농민에 비해 다소 낮았으나 통계적 유의성은 없었으며 Methemoglobin도 두군간에 차이가 없었다. 하지만 GSH의 경우 개인위생관리를 철저히 하는 농민이 그렇지 않은 농민보다 값이 높아 개인위생관리가 농약노출의 방지에 기여하고 있음을 보여주었다.

개인위생관리 행위 사항 각각에 대하여 분석한 결과, 음식먹기 전 손을 씻는 농민의 혈청 Cholinesterase 저해율이 오히려 높게 나타났는데 이는 손을 씻지 않는 표본의 수는 단지 3명이고, 또한 개개인의 편차가 격심하여 생긴 결과로서 표본수 증가를 통한 재조사가 필요할 것으로 생각된다. 그밖에 다른 지표들은 두군간에 유의한 차를 보이지 않았다. 담배를 피우기 전 손을 씻는 농민은 그렇지 않은 농민에 비하여 대부분의 실험 지표에서 유의한 차이를 보이지 않았지만 GSH의 값은 손을 씻는 농민이 더 높아 담배피우기 전 손을 씻는 행위가 농약의 노출을 감소시키는데 기여하는 것으로 나타났다.

용변시 손을 씻는 행위의 경우도 대부분의 지표에서 손을 씻는 농민과 그렇지 않은 농민 사이에 유의한 차이가 없었다. 하지만 GSH의 값이 손을 씻는 농민에서 높아서 용변시 손씻는 행위도 흡연시와 마찬가지로 농약노출을 감소시킬 수 있음을 암시하고 있다.

8. 농약 살포 후 신체적인 증상과 지표들과의 관계

비닐하우스 재배 농민 중 농약 살포 후 신체적인 이상을 느낀 농민을 신체적 이상을 느끼지 않은 농민과 비교한 결과, 혈청 및 적혈구 Cholinesterase, GSH에서 두군간에 유의한 차이를 보이지 않았으나 Methemoglobin은 증상을 느낀 농민에게서 유의하게 높았다. 이는 증상을 느낀 농민이 Free radical을 내놓은 농약에 더욱 노출되었을 가능성을 시사하는 것으로서 인체증상 호소의 농약노출의 관련성을 추측하게 한다. 하지만 인체증상과 관련된 인자는 매우 다양하고 많아서 Methemoglobin만으로서 농약의 노출과 인체 증상의 관련성을 입증하기에는 매우 부족하다.

9. 흡연에 따른 인체의 영향

흡연 여부에 따라 비닐하우스 농민을 비교 분석한 결과, 흡연농민과 비흡연농민사이에 혈청 및 적혈구 Cholinesterase, methemoglobin의 유의한 차이는 없었다. 하지만 GSH는 비흡연자에게 더욱 높게 나타나, 농약의 노출과 함께 흡연 또한 Free radical 생성을 통해 인체에 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다.

V. 결 론

본 조사 결과 비닐하우스 재배 농민과 일반 농민 사이에 인체의 생물학적 검사에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 두군 모두가 이들 생물학적 지표에서 정상치 수준을 보여 농약 노출에 따른 뚜렷한 독성이 없음을 보였다. 정상범위이기는 하나 비닐하우스 재배농민의 적혈구 Cholinesterase 저해율은 일반 농민에 비해 높아, 비닐하우스 재배 농민이 상대적으로 유기인제제 등에 더욱 노출되었을 가능성을 보였다. 하지만 개개 표본사이에 저해율의 차이가 심하여 표본수를 증가하여 통계적 유의성을 재검증할 필요성이 있다. 효소의 개인간의 반응차이에 대한 문제는 Cholinesterase를 만드는 유전자와 관련이 있으므로 이들 유전자의 분리를 통해 개인이 가진 유전자의 형태를 파악하므로써 반응에 민감한 사람, 그렇지 않은 사람을 구별할 수 있을 것이며 이러한 조사는 유전

적으로 농약에 민감하게 반응하는 사람을 선별할 수 있게 하여 농약으로부터 최대의 예방효과를 얻게 할 것으로 생각된다. 따라서 이러한 유전자의 분리 및 연구는 현대의학이 풀어야 할 과제이기도 하다.

본 연구 결과 GSH 값 및 Methemoglobin 값은 농약 살포시 철저한 보호용구의 착용 및 개인위생관리가 인체의 농약 노출을 보호해 주는 효과가 있음을 지적하였다.

비닐하우스 농민 중 보호용구 착용 및 개인위생관리에 따른 농약노출의 보호효과는 지금까지는 단지 예측되어지는 효과에 불과하였으나 본 연구의 생물학적 지표를 통해 입증되기는 이번이 처음이다. 따라서 본 연구는 비닐하우스 재배 농민의 농약노출을 예방하고 대책을 마련할 수 있는 근거자료를 제공하였다. 특히 이번 조사를 통해 나타난 Glutathione reductase의 활성도를 의미하는 GSH값의 농약 노출에 따른 민감성을 앞으로 GSH가 농약의 인체피해를 예견할 수 있는 지표로서 가치가 있음을 시사한 것이다.

본 연구의 제한점으로는 혈청 및 적혈구 Cholinesterase의 개개인의 저해율 차이가 격심하여 본 연구의 표본 크기로는 통계적 유의성을 찾을 수 없었던 점을 들 수 있다. 미국의 한 조사에서는 적혈구 콜린에스테라제 연구에 농업인 200명 이상을 대상으로 하여 일반인과 농민사이에 효소활성치의 유의한 차이를 보고한 바 있다. 따라서 표본수를 증가하여 인체의 영향을 분석할 필요가 있을 것이다. 또한 대상농민들이 사용하는 농약의 정확한 종류를 기억하지 못하여 농약세재별 분석이 불가능하였다.

본 연구에 사용된 지표 중 특히 Methemoglobin과 GSH는 알코올에 의해 그 값이 변화를 받는 것으로 알려져 있다(Calabrese, 1988). 따라서 본 연구는 대상자 전원이 차이는 있으나 모두 음주하는 것으로 나타나 음주에 따른 이들 지표들의 상호작용을 분석할 수 없었다. GSH 및 Methemoglobin은 보호구착용 및 개인위생관리에 따라 그값의 변화를 보였다. 농약 노출에 의한 신체적 증상은 많은 인자들에 의해 결정되므로 본 조사의 지표들이 신체적 증상을 반드시 나타내는 수단이라고 말할 수 없지만 단지 인체의 변화를 조기에 암시하는 수단으로 쓰일 수 있음을 시사하고 있다.

참 고 문 헌

- 박정환, 양재호. 비닐하우스 재배농민 신체증상의 종류와 원인 연구 보고서. 경상북도, 1993
- Augustinson. *The normal variation of human blood cholinesterase activity.* *Acta Physiol Scand* 1955; 35: 40-52
- Beutler E. *Drug induced hemolytic anemia.* *Pharmacol Rev* 1969; 21: 73-103
- Beutler E. *Carboxyhemoglobin, methemoglobin and sulfhemoglobin determinations.* In Williams W, Beutler E, Erslev AJ, Lichtman MA (eds) : *Hematology, 3rd ed., New York, McGraw-Hill, 1983, pp. 1623-1625, 1632-1634*
- Bonderman RP, Bonderman DP. *A titrimetric method for differentiating between atypical and inhibited human serum pseudo-cholinesterase; A titrimetric method for differentiation.* *Arch Environ Health* 1971; 22: 578-581
- Calabrese EJ, Yang JH, Horton H. *The effects of ethanol on nitrite-and 1-Naphthol-induced oxidant stress in human and sheep erythrocytes.* *J Environ Sci Health* 1988; A23(3): 273-292
- Chaffin DB, Herrin GD, Keyserling WM. *Preemployment strength testing.* *J Occup Med* 1978; 20(6) : 403-408
- Ciesielski S, Loomis DP, Mims SR, Auer A. *Pesticide exposures, cholinesterase depression, and symptoms among North Carolina migrant farmworkers.* *Am J Pub Health* 1994; 84 : 446-451
- Coye MJ. *The health effects of agricultural production; I. The health of agricultural workers.* *J Public Health Policy* 1985; 6: 349-370
- Ecobichon DJ. *Toxic effects of pesticides.*
- Ecobichon DJ. *Toxic effects of pesticide.* In Amdur, MO, Doull, J, Klassen, CD (eds) : *Toxicology.* Pergamon Press, New York, 1991, pp. 565-622
- Gallo MA, Lawryk NJ. *Organic Phosphorus pesticide; In: handbook of pesticide toxicology.* Vol. 2. Hayes W., Laws E, eds. Academic Press., 1991, pp. 917-957
- Halliwell B, Gutteridge JMC. *Free radicals in biology and medicine.* Clarendon Press, Oxford, 1989, pp. 86-123
- Jacob HS, Brian MC, Dacie JV. *Altered sulfhydryl reactivity of hemoglobins and red blood cell membranes in congenital Heinzbody hemolytic anemia.* *J Clin Invest* 1968; 47: 2644-2677
- Kahn E. *Pesticide related illness in California farm workers.* *J Occup Med* 1976; 18: 693-696
- Kundiev YI, Krasnyuk EP. *Specific features of the changes in the health status of female workers exposed to pesticide in greenhouse.* *Toxicol Lett* 1986; 33 : 85-89
- Line AR, Petrofsky JS. *Aerobic capacity and muscular fatigue during lifting tasks.* *International Symposium on Manual Material Handling Safety, State University of New York at Buffalo, 1976*
- Magora A. *Investigation of the relation between low back pain and occupation.* *Industrial Medicine* 1970; 39(11) : 465-471
- National Institute for Occupational Safety and Health. *A work practice guide for manual lifting. Technical Report No. 81-122, U.S. Dept. of Health and Human Services (NIOSH), Cincinnati, OH, 1981*
- National Safety Council. *Accidents facts. 1984*
- Ng LL, Naik RB, Polak B. *Paraquat ingestion with methemoglobinemia treated with ethylene blue.* *Br Med J* 1982; 284: 1445
- Rodnitzky RL, Levin HS, Mick DL. *Occupational exposure to organophosphate pesticides; A neurobehavioral study.* *Arch Environ Health* 1975; 30: 98-103
- Smith RP. *Toxic responses of the blood.* In: *Toxicology* Amdur NO, Doull J, Klaassen, CD, eds. *pergamon Press. NY., 1991, pp. 257-281*
- Whittaker M. *Cholinesterase.* In: *Methods of Enzymatic analysis.* 3rd ed., Weinheim, Basel, Verlag Chemie, Vol. 4, 1981, pp. 63-067