

## 放射線の蛔虫生態に及ぼす影響に関する研究 (4)

## Cobalt-60 の蛔虫卵発育に及ぼす影響について (その2)

門 多 魁

大阪大学微生物病研究所寄生虫原虫学部 (部長 森下教授)

(昭和32年4月6日受領)

## 緒 言

Co-60 のγ線は波長からいえば超硬X線と同じ範囲に入るもので、その生物学的に重要な役割を演ずるのは被照射体内に生ずる電子による電離とされている。そして物質に入射する超硬X線の電離の最大の位置は表面よりある深さ浸入した内部にあるとされており従つてその効果も同位置で最も大きくなる。以上の概念に基き Co-60 照射の際適当な物質により遮蔽すれば、無遮蔽照射に比べて被照射体に及ぼす効果が増強される場合も予想される。

著者は前報に於て Co-60 を無遮蔽で豚蛔虫卵に照射しその発育に及ぼす影響を観察したが、今回はアルミニウム箔 (Al 箔) による遮蔽を行つて Co-60 を照射し虫卵の発育に及ぼす影響を追求したので以下その成績を報告する。

## 実験材料及び方法

虫卵材料：生鮮豚蛔虫の子宮末端 (約1cm) より採取した受精卵を毎回4—6隻宛充分混和し、予め4%アンチフォルミン液中に約30分浸し蛋白膜除去後2.5%フォルマリン液を加えて虫卵液を調製する。試験区分は摘出直後、培養3, 5, 8, 10, 15日目の6区とし、各区の虫卵液はプラスチック製小皿 (5,000 r 照射時は注射用小アンブレ) 中にとり、夫々その上澄液を良く除去し均質な懸濁液としたものを照射材料とし対照に非照射材料をとつた。尚遮蔽の Al 箔は45 μ及び90 μの厚みの二種を選び照射材料の容器の外を完全に蔽う様にした。

照射の方法：大阪大学微生物病研究所附属病院所有のものをを用い5,000 r, 2,700 r, 1,350 r の各概算線量を

選び一時照射を試みた。Co-60 照射の距離及び時間は5,000 r の場合6 cm に於て10分、後二者の場合20 cm に於て60分及び30分である。

照射後の虫卵培養：照射後の虫卵は小型シャーレにとり、2.5%フォルマリン液を加えた後28°—30°C 孵卵器内にて培養し、その観察は培養開始後3, 6, 8, 10, 15, 30日目の6回に行つた。

発育能の障害及び抑制の判定：前報に記したと同様、障害の判定は培養30日目に於ける仔虫形成阻止率を対照と比較してその差の有意性 (危険率5%) を検定することによつた。但し培養15日目 (仔虫包蔵卵) の場合は、細胞の変性像の百分率によるものとし変性像の判定は従前通りの規準に従つた。又虫卵の発育段階を単細胞期 (M), 早期桑実期 (E), 後期桑実期 (L), 蛸蚪期 (T), 運動仔虫期 (ME) 及び変性卵 (D) に分ち夫々の百分率並に発育指数 (I. V. D.) を求めて観察したのも前報と同様である。

尚発育過程に於ける抑制の判定として、全期に亘つては I. V. D. を対照と比較することによつたが各観察日については第2報に記した如く、著者の設定した発育指標虫卵形成率を夫々の対照と比較してその差の有意性 (危険率5%) を検定することによつた (前記以外の培養10日目に於ては仔虫形成率を指標とした)。

## 実験成績

各発育時期別に成績を纏めると第1—6表のようになる。虫卵は夫々100個について発育状態を観察した。以下各項の発育障害及び抑制の判定は実験方法に記した規準に従つたが、障害の%は仔虫形成阻止率について対照 (非照射例) との差を表わし検定によつて有意の差を示した場合とする。

1) 摘出直後虫卵 (単細胞期)：第1表に示す様に、5,000 r 以下何れの場合に於ても障害を示さなかつた。又発育の抑制は5,000 r の場合、照射後2日 (培養3日

KAI KADOTA: Studies on the influence of radiations upon the behaviour of *Ascaris lumbricoides*. IV Report. Influence of Cobalt-60 upon the development of their eggs. (2) (Department of Parasitology, Research Institute for Microbial Diseases, Osaka University)

第 1 表 抽出直後虫卵照射時

照射線量		5,000 r						2,700 r						1,350 r																							
AI 箱の厚み		45 μ		90 μ		45 μ		90 μ		45 μ		90 μ		45 μ		90 μ																					
培養日数		3 日	6 日	8 日	10 日	15 日	30 日	3 日	6 日	8 日	10 日	15 日	30 日	3 日	6 日	8 日	10 日	15 日	30 日																		
発育状態		3 日		6 日		8 日		10 日		15 日		30 日		3 日		6 日		8 日		10 日		15 日		30 日													
Co	62	65		26		25		18		21																											
M	C	40		15		15		12		12																											
E	Co	38	84	2	35	82	1	74	68	75	69	82	88	79	86																						
	C	60	82	2	60	82	2	85	63	85	63	88	85	88	85																						
L	Co	16	75	2	18	72	2	32	69	1	31	69	1	12	60	4	14	62	1																		
	C	18	71	2	18	71	2	37	61	2	37	61	2	15	62	1	15	62	1																		
T	Co	23	34	1	27	32	1	31	14	31	15	40	20	38	11																						
	C	27	32	2	27	32	2	39	8	39	8	38	18	38	18																						
ME	Co	64	98	98	66	98	97	85	99	97	84	98	97	76	98	98	88	98	98																		
	C	66	97	97	66	97	97	90	99	98	90	99	98	81	98	98	81	98	98																		
D	Co	1	2	1	2	1	2	1	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2																		
	C	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2																		
I.V.D.	Co	38	116	221	362	395	392	35	118	226	364	395	391	74	132	231	384	396	388	75	131	231	383	392	388	82	112	240	372	392	392	79	114	238	387	392	392
	C	60	118	225	364	394	391	60	118	225	364	394	391	85	137	239	388	396	392	85	137	239	388	396	392	88	115	238	380	392	392	88	115	238	380	392	392

註：1. 照射線量の r は概算線量を表わす。 2. 第 1-6 表中の Co は Co-60 照射の場合、C は対照(非照射)の場合を示すものとす。

第2表 培養3日目虫卵照射時

照射線量		5,000 r			2,700 r			1,350 r		
AI箔の厚み	45 μ	90 μ	45 μ	90 μ	45 μ	90 μ	45 μ	90 μ	90 μ	
培養日数	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	
発育状態										
M	Co									
	C									
E	Co 90	2	92 2 1	96 7	95 6	86	90			
	C 77	1	77	84 4	84 4	85	85			
L	Co 10 84 13 4 1	8 84 11 3 2	4 77 7	5 78 8	14 27	10 23				
	C 23 82 3 1	23 82 3 1	16 75 8	16 75 8	15 22	15 22				
T	Co 16 35 8 1	14 37 9	16 42	16 40	73	77				
	C 18 32 3 1	18 32 3 1	21 38	21 38	78	78				
ME	Co 50 80 78	51 80 77	51 95 94	52 94 94	99 98 98	99 97 97				
	C 64 96 95	64 96 95	54 95 95	54 95 95	100 98 98	100 98 98				
D	Co 8 20	8 21	5 6	6 6	1 2 2	1 3 3				
	C 4	4	5 5	5 5	2 2	2 2				
I.V.D.	Co 110 216 333 352 317	108 214 338 352 312	104 209 344 380 376	105 210 344 376 376	114 273 396 392 392	110 277 396 388 388				
	C 123 218 359 395 383	123 218 359 395 383	116 217 346 380 380	116 217 346 380 380	115 278 400 392 392	115 278 400 392 392				

第 3 表 培養 5 日目 虫 卵 照 射 時

照射線量		5,000 r			2,700 r			1,350 r		
AI 箱の厚み	45 μ	90 μ	45 μ	90 μ	45 μ	90 μ	45 μ	90 μ	90 μ	
培養日数	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	6 8 10 15 30 日 日 日 日 日	
発育状態										
M	Co									
	C									
E	Co	100 2	98 1	99	100	94 2 1	95 2			
	C	89	89	95	95	84 2 1	84 2 1			
L	Co	49 3	2 50 7	1 86 4 2	88 5	6 90 3	5 88 2			
	C	11 40	11 40	5 82	5 82	16 88 2 1	16 88 2 1			
T	Co	49 23	49 24	14 18 1	12 28 1	8 22	10 23			
	C	59 24	59 24	18 24	18 24	10 22 1	10 22 1			
ME	Co	69 88 74	64 87 73	65 83 83	64 86 84	74 97 96	75 98 95			
	C	1 75 97 96	1 75 97 96	76 98 96	76 98 96	75 97 97	75 97 97			
D	Co	5 12 26	5 13 27	13 14 17	3 13 16	3 4	2 5			
	C	1 3 4	1 3 4	2 4	2 4	1 3	1 3			
I.V.D.	Co	100 247 351 352 296	102 248 342 348 292	101 214 322 339 332	100 212 350 347 336	106 206 369 388 384	105 208 373 392 380			
	C	111 261 372 388 384	111 261 372 388 384	105 218 376 392 384	105 218 376 392 384	116 208 371 393 388	116 208 371 393 388			

第4表 培養8日目虫卵照射時

照射線量		5,000 r						2,700 r						1,350 r					
Al 箔の厚み		45 μ			90 μ			45 μ			90 μ			45 μ			90 μ		
培養日数		11日	15日	30日	11日	15日	30日	10日	15日	30日	10日	15日	30日	11日	15日	30日	11日	15日	30日
发育状態																			
M	Co																		
	C																		
E	Co	1	1		1	3													1
	C																		
L	Co	5	2		4	1					2			1					
	C	1			1			2			2								
T	Co	16	1		15			36			31			1	1				
	C	4	1		4	1		8			8								
ME	Co	77	88	81	79	88	82	64	96	94	67	96	95	96	98	96	99	98	96
	C	95	98	98	95	98	98	90	99	97	90	99	97	100	98	98	100	98	98
D	Co	1	8	19	1	8	18		4	6		4	5	2	1	4	1	1	4
	C		1	2		1	2		1	3		1	3		2	2		2	2
I.V.D.	Co	367	360	324	370	357	328	364	384	376	365	384	380	389	395	384	396	393	384
	C	394	395	392	394	395	392	388	396	388	388	396	388	400	392	392	400	392	392

第5表 培養10日目虫卵照射時

照射線量		5,000 r				2,700 r				1,350 r			
Al 箔の厚み		45 μ		90 μ		45 μ		90 μ		45 μ		90 μ	
培養日数		15日	30日	15日	30日	15日	30日	15日	30日	15日	30日	15日	30日
发育状態													
T	Co												
	C												
ME	Co	100	98	99	98	98	97	98	98	97	96	97	95
	C	100	100	100	100	98	97	98	97	99	97	99	97
D	Co		2	1	2	2	3	2	2	2	4		5
	C					2	3	2	3		3		3
I.V.D.	Co	400	392	396	392	392	388	392	392	391	384	397	380
	C	400	400	400	400	392	388	392	388	396	388	399	388

第6表 培養15日目虫卵照射時

照射線量		5,000r		2,700r		1,350r			
Al 箔の厚み		45μ		90μ		45μ		90μ	
培養日数		30日	30日	30日	30日	30日	30日	30日	30日
发育状態									
T	Co								
	C								
ME	Co	97	97	95	97	97	98		
	C	97	97	97	97	99	99		
D	Co	3	3	5	3	3	2		
	C	2	2	3	3			1	1

目) 迄發育指標虫卵形成率の検定により認められた。

2) 培養3日目虫卵(単細胞期及2細胞期): 第2表に示す様に5,000 rの場合, Al箔45μ及び90μ遮蔽では夫々17%, 18%の障害を認めた。又2,700 rの場合, 障害は示さなかつたが抑制は照射後3日(培養6日目)迄検定により認められた。

3) 培養5日目虫卵(早期桑実期): 第3表に示す様に5,000 rの場合, Al箔45μ及び90μ遮蔽では夫々22%, 23%, 2,700 rの場合, 夫々13%, 12%の障害を認めた。又1,350 rの場合, 障害は示さなかつたが抑制は照射後1日(培養6日目)迄検定により認められた。

4) 培養8日目虫卵(後期桑実期及蛭蚪期): 第4表に示す様に5,000 rの場合, Al箔45μ及び90μ遮蔽では夫々17%, 16%の障害を認めた。又2,700 r以下の場合, 障害は示さなかつたが抑制は2,700 rでは照射後2日(培養10日目)迄検定により認められた。

5) 培養10日目虫卵(蛭蚪期及仔虫期): 第5表に示す様に5,000 r以下何れの場合に於ても障害を示さず又發育過程全期に亘り抑制を認めなかつた。

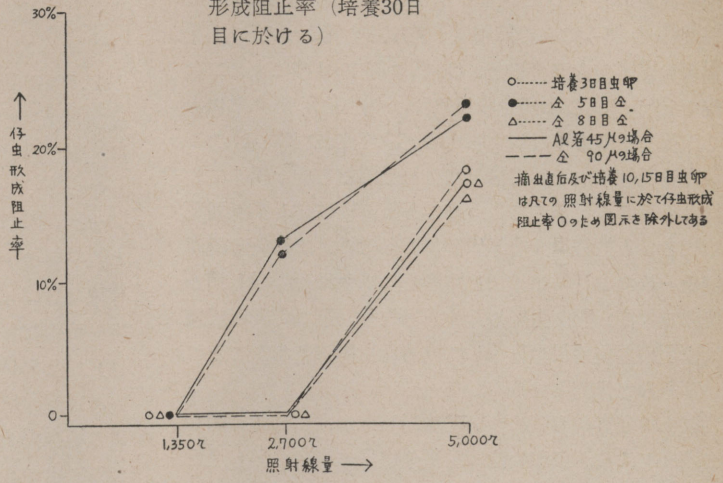
6) 培養15日目虫卵(仔虫期): 第6表に示す様に5,000 r以下何れの場合に於ても障害を示さなかつた。

又發育過程に於ける I.V.D. は虫卵の障害を来す線量の場合, 殆ど凡て照射後最初の観察(1-3日後)結果と対照とを比較して漸減の傾向を示した。

考 按

放射線のうちX線(150-200kV)は臨床上の应用到、波長の長い部分を除去して波長域を短波長側に狭くし均等に近くするため、通常銅及びアルミニウムが濾過板として用いられている。Co-60 r線はX線(150-200kV)と異り波長が均一とされているのでこの様な濾過板をおく処置は遠隔照射の場合、特に必要とはされていない。併し前に述べた如く本実験の目的は遮蔽により電離効果の増強を期待し得るので、このため濾過板と同様遮蔽には線量を減少させぬ適当な物質の種類及び厚さを選ぶ必要がある。遮蔽物としてAlの薄箔(厚み45μ及び90μの二種)を選択したのは以上の目的に合致し併もその処

第1図 Co-60各種線量と仔虫形成阻止率(培養30日目に於ける)



理が容易と考えたからである。

実験成績に記した様に、虫卵の障害を發育時期別にみると何れの線量に於ても摘出直後の単細胞期、蛭蚪期及仔虫期(培養10日目)、仔虫期(培養15日目)ではその出現を認めなかつたが、単細胞期及2細胞期(培養3日目)では5,000 rの場合, Al箔45μ及び90μ遮蔽では夫々17%, 18%を示し、早期桑実期(培養5日目)では2,700 rの場合, 夫々13%, 12%, 5,000 rの場合, 夫々22%, 23%に達し、その後後期桑実期及蛭蚪期(培養8日目)では再び減少し5,000 rの場合, 夫々17%, 16%を示した。即ち障害出現をみた照射線量と障害度(仔虫形成阻止率)の関係を図示すれば第1図の様になり線量の増加に伴い障害度は上昇する傾向を認めた。又上記の發育中期に当る培養5日目虫卵が最大に達しその前後の培養3, 8日目虫卵がこれについで成績は前報 Co-60照射時と軌を一にしているが、障害出現線量及び障害度よりみると、両者の間に相当著しい差異を認めるので以下若干の比較検討を試みたい。

前報 Co-60照射時は發育時期別にみると、培養3, 5, 8, 10, 15日目虫卵に於ては24,000 rの場合, 夫々28%, 50%, 43%, 15%, 18%の障害を示したが、12,000 r以下の場合、僅かに培養5日目虫卵のみ12,000 rでは7%に認めそれ以外何れの虫卵に於ても障害を認めなかつた。この成績に比較すると今回は相当低線量で障害出現を来した事実が認められる。尚第2報のX線照射時は略々同線量の4,520 rでは培養3, 5, 8日目虫卵に於て夫々18%, 46%, 21%であり、3,390 rでは夫々18

%, 20%, 18%を示したので、これに比較すれば今後は稍々高線量を要した様にみなされる。又 AI 箔 45 $\mu$  及び 90 $\mu$  の厚みによる障害度の差は認め難かつた。上記現象の機序を考察すると、Co-60 r 線は AI 箔により二次線を出す、この場合背後散乱、側方散乱は非常に少く大部分は前方散乱によるものとみなされており、この前方散乱線は主として第一次 r 線と同じ方向か極くこれに近い方向に附加されるものである。更に AI 箔無遮蔽の場合、入射線量(空气中線量)はそのまま虫卵の表面線量とみなされるが、AI 箔遮蔽の場合はその AI 箔の厚みだけ深い所を照射したこととなり、従つて表面線量は上記の重畳効果が作用して或る程度増強されたことによるものと推測される。

以上は発育の障害について検討したが次に抑制に関して述べてみる。虫卵の障害を来す線量の場合、発育過程に於ける I.V.D. は何れも照射後最初の観察(1—3日後)結果と対照と比較して漸減の傾向を示すことより虫卵に及ぼす障害乃至抑制作用は前報 Co-60 照射時と同様比較的緩徐に出現するものとみなされる。又障害を来さぬ線量の場合各観察日について発育指標虫卵形成率を夫々の対照と比較して照射後一定期間両者の間に有意の差を認めた場合、その期間中発育の抑制乃至遅延を来したものと判定した。その結果、摘出直後虫卵の場合、5,000 r では照射後 2 日、培養 3 日目虫卵の場合、2,700 r では照射後 3 日、培養 5 日目虫卵の場合、1,350 r では照射後 1 日、培養 8 日目虫卵の場合、2,700 r では照射後 2 日の間に抑制を示したが何れも AI 箔 45 $\mu$  及び 90 $\mu$  の厚みによる影響の差異は認めなかつた。前報 Co-60 照射時は摘出直後虫卵の場合、4,800 r では 5 日、培養 3 日目虫卵の場合、2,400 r では 6 日、培養 5 日目虫卵の場合、1,200 r では 4 日、培養 8 日目虫卵の場合、2,400 r では 1 日の間に抑制を示しているの、両者の抑制現象は略々相似しており著しい差異は認め難い。只抑制を受けた期間は前報の場合 1—6 日の間であり今回は 1—3 日の間を示したので稍々短縮した傾向を見出す。これは先述した障害度の増強とは平行しない予循の様に見えるが、第 2 報の X 線照射時に於ても一般に照射後 1—6 日は抑制を示したのに拘わらず、培養 8 日目虫卵の場合、2,260 r では照射後の抑制を認めなかつた成績があり、虫卵の個体差及び照射条件の差異による或る程度の動揺性は免れないものと思われる。発育の抑制についての検討は尚充分な域に達したとはいへぬが、少くとも本回の成績によつても照射後数日の間を出でない範

囲で抑制が惹起されたことは認めてよいものと考えられる。

## 結 論

1. 豚蛔虫卵を各発育時期別に AI の薄箔(厚み 45 $\mu$  及び 90 $\mu$ )で遮蔽し、Co-60 を 5,000 r—1,350 r の線量を選び照射後培養を試みその発育に及ぼす影響を観察した。

2. 虫卵の発育能の障害を仔虫形成阻止率よりみると、子宮より摘出直後の単細胞期、蛸蚪期及仔虫期(培養 10 日目)、仔虫期(培養 15 日目)では何れの場合も障害を示さなかつたが、単細胞期及 2 細胞期(培養 3 日目)では 5,000 r の場合、AI 箔 45 $\mu$  及び 90 $\mu$  遮蔽では夫々 17%, 18%, 早期桑実期(培養 5 日目)では前記線量の場合夫々 22%, 23%, 2,700 r の場合、夫々 13%, 12%に達する。併し以後は減少し後期桑実期及蛸蚪期(培養 8 日目)では 5,000 r の場合、夫々 17%, 16%を示した。

3. 以上の成績を前報の Co-60 無遮蔽照射時に比較すると、今回は相当低線量で障害を認めた。

4. 虫卵の障害を来さぬ線量のうち、子宮より摘出直後虫卵では 5,000 r. , 培養 3, 8 日目虫卵では 2,700 r, 培養 5 日目虫卵では 1,350 r の場合、その発育過程の一定期間(照射後 1—3 日)発育の抑制現象が認められた。

終りに臨み、終始御指導と御校閲を賜つた森下薫教授に深謝すると共に、Co-60 照射の御便宜を与えて戴いた山口寿教授に謹謝し併せて絶えず照射の勞をとられ又有益な御助言を戴いた楠本五郎氏に厚く感謝の意を表する。

本論文の要旨は昭和 32 年 4 月、日本寄生虫学会第 26 回総会に於て発表した。

## 文 献

- 1) 宮川正・森栄柳輔・田中利彦(1954): コバルト 60 r 線による遠隔照射に於ける空間線量分布に就いて(一門照射並に廻転照射に就いて)、日本医放誌, 14(8), 516-528. —2) 尾内能夫(1956): Ra および Co-60 r 線の遮蔽に関する基礎的研究, 第 1 報 直接線の遮蔽, 日本医放誌, 16(1), 8-14. 第 2 報 二次線に関する実験的研究, 日本医放誌, 16(1), 15-25. 第 3 報 二次線に関する基礎的研究, 日本医放誌, 16(1), 26-31. 第 4 報 二次電子に関する実験的研究, 日本医放誌, 16(2), 97-105. —3) 江藤秀雄著(1951): 人体と放射線, 岩波書店. —4) 吉川春寿, 江藤秀雄, 寛弘毅共著(1953): ラジオアイソトープの医学的応

用, 東西医学社。—5) 医学シンポジウム第12輯放射線アイソトープ(1956), 診新と治療社。—6) 門多魁 (1956, 1957): 放射線の蛔虫生態に及ぼす影響に関する研究, (1) X線の蛔虫生存力及び産卵能並びに子宮内卵発育に及ぼす影響について, 寄生虫学雑誌, 5(3), 376-383. (2) X線の蛔虫卵発育に及ぼす影響について, 寄生虫学雑誌, 6(5), 417-423. (3) Cobalt-60の蛔虫卵発育に及ぼす影響について(その1), 寄生虫学雑誌, 6(5), 423-431.

### Summary

Using small foils made by thin aluminium plates of  $45\mu$  (foil A) or  $90\mu$  (foil B) in thickness as container of the eggs, the author carried out further observation on the influence of Cobalt 60 radiation upon their developmental ability. The eggs in the foils were radiated with varying doses between 5,000 r and 1,350 r, and the results were judged by the culture method after the procedure.

As to its embryonation inhibiting action to the eggs, no influence was observed in those just obtained from the uteri (mono-cell stage) as well as those on the 10th day (tadpole or embryonal

stages) and on the 15th day (embryonal stage) of culture by each radiation, while in those on the third day of culture (mono- or two cell stages) the inhibiting rates were 17 % in foil A and 18 % in foil B, when exposed to 5,000r, and in those on the 5th day of culture (early morula stage) they were 22 % and 23 % respectively by radiation of 5,000r and 13 % and 12 % respectively by radiation of 2,700r. The inhibiting rates, however, fell in the eggs on the 8th day of culture (late morula and tadpole stages), being 17 % and 16 % respectively even when exposed to 5,000r radiation.

Comparing these results with those in which the eggs were directly i. e. without aluminium foil radiated, as previously reported, it can be said that in the present experiment the injury of the eggs was caused by the lesser doses of radiation.

It was also proved that even by subdosage of radiation a depressive phenomenon in the developmental velocity of the eggs freshly obtained and those on the third day and on the 8th day of culture may occur during the period of 1-3 days after radiation.