

TADEUSZ RUDNICKI

WZGLĘDNA SKUTECZNOŚĆ BIOLOGICZNA PROMIENI β FOSFORU 32

II. BADANIA PORÓWNAWCZE NAD WPLYWEM PROMIENI X I β P³² NA WZROST KORZONKÓW GROCHU I FUNKCJE PODZIAŁOWE KOMÓREK KORZONKÓW Vicia FABA

Z Zakładu Fizyki Lekarskiej A. M. w Poznaniu

W poprzednim rozdziale [4] na temat względnej skuteczności biologicznej (WSB) promieni β fosforu 32 przy napromienianiu zewnętrznym, wykazaliśmy brak wyraźnych różnic w działaniu biologicznym promieni X i β fosforu 32 na jajeczka *Drosophila melanogaster* w wieku 1 godz. \pm 15 min. i 3 godz. \pm 15 min.

W dalszym ciągu zgodnie z założeniem wstępnym, sprawdziliśmy działanie biologiczne promieni X 70 kV i promieni β fosforu 32 na wzrost korzonków grochu i na czynności podziałowe komórek szczytowych korzonków bobu.

Charakterystyka zastosowanych promieni jonizujących oraz sposób dawkowania zostały opisane w poprzednim doniesieniu. Warunki geometryczne doświadczenia były podobne jak przy napromienianiu jajeczek muchy owocówki z tym, że aplikator promieni β miał nieco większe wymiary przy tej samej aktywności powierzchniowej.

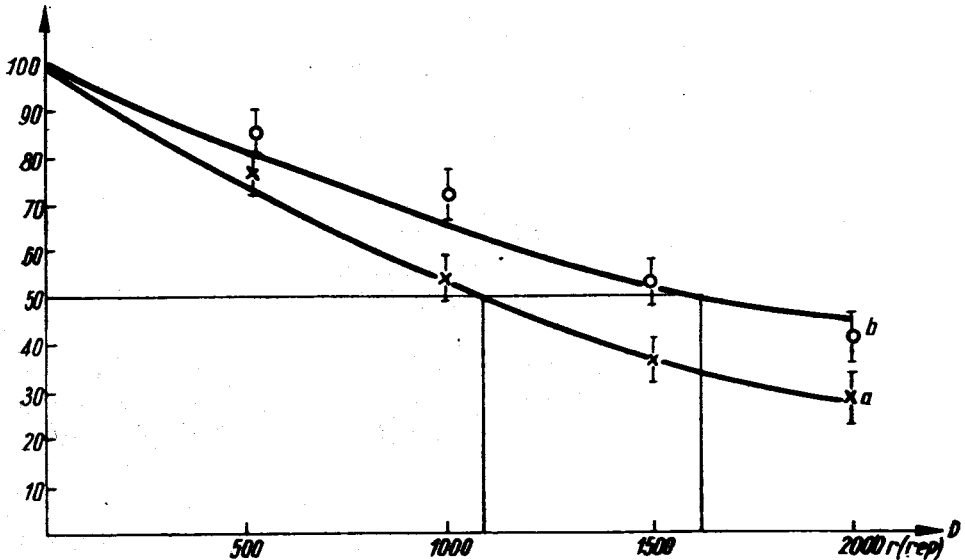
1. WPLYW PROMIENI X I PROMIENI β FOSFORU 32 NA WZROST KORZONKÓW GROCHU

Badania przeprowadzono na korzonkach grochu pospolitego. Selekcjonowane i sprawdzone na zdolność kiełkowania ziarna moczone przez 24 godz. w pożywce podędzającej Van der Crone'a, poczym umieszczano je na płytkach Petriego, pomiędzy dwiema warstwami wilgotnej waty drzewnej, w cieplarce, w temperaturze 25°C. Kiełkowanie trwało 48 godz. Po 48 godz. usuwano ziarna nieskiełkowane, natomiast skiełkowane układano po 50 szt. na płytkach Petriego wyścielonych wilgotną bibułą filtracyjną i w tych warunkach napromieniano promieniami X 70 kV i promieniami β fosforu 32 w dawkach 500, 1000, 1500 i 2000 r (rep). Po napromienianiu ziarna umieszczano ponownie w cieplarce w komorze wilgotnej, gdzie pozostawały przez 120 godz.

Po tym czasie mierzono długość korzonków i porównywano z długością korzonków kontrolnych partii ziaren. Liczba ziaren kontrolnych równa była liczbie ziaren napromienianych. Napromienianie przeprowadzono w 6 seriach po 100 ziaren każda.

Wyniki

Wyniki pomiarów przedstawione są w tab. 1 i 2. Jak wynika z nich, różnice w działaniu biologicznym promieni X i promieni β fosforu 32 są dość znaczne. Wynoszą one od 7,9% do 26,2%, średnio 15,7%, przy czym rozrzut statystyczny wyników nie przekracza 5,2%. Krzywe skuteczności da-



Ryc. 1. Zahamowanie wzrostu korzonków grochu przez promienie X (a) i promienie β P^{32} (b).

Fig. 1. Inhibition of growth of pea radicles by X-rays (a) and P^{32} β -rays (b).

wiek (ryc. 1) przedstawiają stopień zahamowania wzrostu korzonków jako funkcję dawki. Długość korzonków napromienianych ($\bar{x}^0/\%$) przedstawiono w procentach średniej długości korzonków nienapromienianych (\bar{x}_k) zgodnie z rubrykami 3, 7, 11, 15 tabel 1 i 2. Dawki powodujące zmniejszenie długości korzonków do połowy wynoszą: $D_{0,5}$ promieni X — 1100 r, $D_{0,5}$ promieni β P^{32} — 1610 rep. Współczynnik skuteczności $\eta = 0,68$.

Wyniki pomiarów są dobrze uzasadnione statystycznie. Sposób oceny statystycznej został opisany w poprzednim doniesieniu [4]. Ocena istotności różnicy średnich arytmetycznych \bar{x}_x i \bar{x}_β oraz test „t” wykazują, że uzyskane z pomiarów średnie arytmetyczne obu badanych prób różnią się między sobą istotnie.

Tabela 2. Wyniki napromieniania korzonków grochu promieniami beta P^{32} x)
 Table 2. The results of irradiation of pea radicles with P^{32} β -rays.

x _k	Dawka: 500 rep				1000 rep				1500 rep				2000 rep			
	x	x %	(x - \bar{x})	(x - \bar{x}) ²	x	x %	(x - \bar{x})	(x - \bar{x}) ²	x	x %	(x - \bar{x})	(x - \bar{x}) ²	x	x %	(x - \bar{x})	(x - \bar{x}) ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
76	71	93,4	5,9	34,8	65	86,0	11,0	121,0	45	59,2	2,6	6,7	30	39,4	1,9	3,6
71	56	78,8	-8,7	75,6	49	69,0	-6,0	36,0	38	53,5	-3,1	9,6	27	38,0	0,4	0,16
55	49	89,0	1,5	2,2	40	72,0	-3,0	9,0	29	52,7	-3,9	15,2	19	34,5	-3,1	9,6
62	56	90,3	2,8	7,8	47	75,0	0	0	34	55,0	-1,9	2,5	26	41,9	4,3	18,4
66	55	83,3	-4,2	17,6	50	75,0	0	0	39	59,0	2,4	5,7	26	39,4	1,9	3,6
73	65	89,0	1,5	2,8	54	74,0	-1,0	1,0	44	60,2	3,6	12,9	24	32,8	-4,9	24,0
\bar{x}		87,5%				75,0%				56,6%				37,6%		
σ				4,8%				5,2%				2,9%				3,1%

x) Objasnienia jak w tablicy 1.

x) Explanations as in Table 1.

2. WPŁYW PROMIENI X I PROMIENI β FOSFORU 32
NA FUNKCJE PODZIAŁOWE KOMÓREK SZCZYTOWYCH KORZONKÓW BOBU

Zaburzenia czynności podziałowej komórek są jednym z najbardziej czułych testów biologicznych na działanie promieni jonizujących. Najcięższe uszkodzenia aparatu chromosomowego spostrzega się już po dawkach rzędu kilkunastu rentgenów. Zaburzenia ilościowe funkcji podziałowych komórek przedstawia się najczęściej w postaci tzw. krzywej podziału mitotycznego.

Po jednorazowym napromienianiu średnią dawką promieni jonizujących krzywa podziału mitotycznego wykazuje niemal identyczny przebieg u wszystkich obiektów biologicznych. Cechuje ją kolejno: zmniejszająca się liczba mitoz aż do zupełnego ustania czynności podziałowej; okres bezpodziałowy; okres tzw. pierwszego maksimum z licznymi nieprawidłowymi figurami podziałowymi; okres ponownego zahamowania podziału komórkowego; okres stopniowego powrotu do stanu cechującego się normalną dla danego obiektu liczbą podziałów komórek. Duże różnice natomiast zachodzą odnośnie czasu trwania poszczególnych okresów, przy czym różnice te wykazują wyraźną zależność od metody napromieniania.

Popromienne zmiany jakościowe można uszeregować w dwie grupy w zależności od czasu ich wystąpienia.

1. Odczyn wczesny trwający do 3 godz. po napromienianiu cechuje się zmianami struktury i zmianami położenia w aparacie chromosomowym. Do zmian struktury należą: skrócenie i zgrubienie chromosomów, zmiany fizykochemiczne na powierzchni chromosomów powodujące ich zlepianie się w niezróżnicowaną masę, uszkodzenie wrzeciona i zmiany wsteczne w komórkach spoczynkowych. Zmiany położenia spowodowane są utratą zdolności ruchu chromosomów i powodują tri- i multipolarne ułożenia chromosomów oraz zahamowanie lub przedłużenie czasu trwania procesu podziałowego.

2. Odczyn popromienny późny (3—48 godz.) cechują: wzrost częstości podziałów komórkowych, fragmentacje chromosomów, tworzenie mostków i jądra dodatkowe.

Badanie zmian czynności podziałowej komórek pod wpływem promieni jonizujących stanowi obok badań na jajeczkach *Drosophila melanogaster* najczęściej stosowany test w tej dziedzinie radiobiologii.

METODYKA

Ziarna bobu (*Vicia Faba*), gatunek *Vindsor*, przygotowywano w sposób opisany poprzednio. W 7-mym dniu kiełkowania, kiedy korzonki osiągały długość 3—4 cm, napromieniano końce korzonków promieniami X 70 kV i promieniami β fosforu 32. Sposób

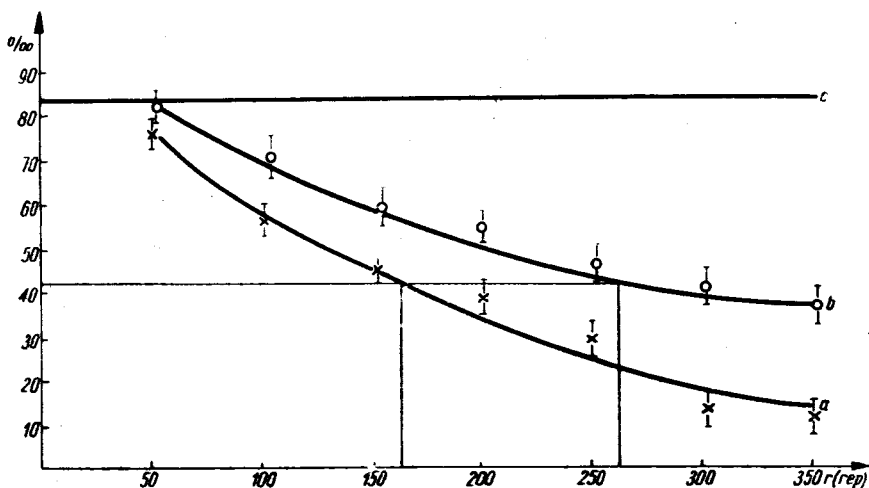
napromieniania był identyczny z tym jaki opisano w doświadczeniach z korzonkami grochu. Stosowano dawki 50–350 r (rep). W odpowiednim czasie po napromienianiu, w zależności od rodzaju badania, odcinano wierzchołki korzeni i po utrwaleniu w utrwalaczu Randolpha wykonywano preparaty histologiczne barwione hemaksyliną żelazistą wg Heidenheina.

Odczyn popromienny oceniano wg stopnia zahamowania funkcji podziałowych w stożkach wzrostu korzonków. Określano liczbę komórek znajdujących się w okresie podziału (profaza, metafaza, anafaza i telofaza) na każde 1000 komórek. Liczono komórki w 70 polach widzenia, co przy powiększeniu $350\times$ obejmowało około 21 000 komórek.

Wyniki

Badania przeprowadzono w 3 seriach:

1. *Odczyn wczesny*. Wstępne badania wykonaliśmy na korzonkach utrwalanych 2 godziny po napromienianiu z uwagi na to, że w tym czasie spadek liczby podziałów komórkowych jest najwyraźniejszy niezależnie od dawki (Marquardt, Schreiber).



Ryc. 2. Wpływ promieni X (a) i promieni β P³² (b) na funkcje podziałowe komórek stożków wzrostu korzonków *Vicia faba*. c — przeciętna częstość podziałów w korzonkach nienapromienianych.

Fig. 2. The effects of X-rays (a) and P³² β -rays (b) on the mitotic functions of cells in *Vicia faba* radicle growth points.

Częstość podziałów komórkowych w korzonkach nienapromienianych jest względnie stała. Średnia częstość podziałów obliczona w 140 polach widzenia mikroskopu, obejmujących ok. 40 tys. komórek, wynosi 83,7%. Częstość podziałów w komórkach napromienianych wykazuje ścisłą zależność od dawki (tab. 3, ryc. 2).

Analizę statystyczną przeprowadzono wg następujących zasad: Błąd standartowy oszacowania częstości podziałów komórkowych jako funkcji dawki oznaczano wg wzoru:

$$\sigma = \sqrt{\frac{p(1000-p)}{n}} \quad [1]$$

gdzie: p — częstość względna z próby w promille;

n — liczebność próby (w naszych doświadczeniach $n = 21\ 000$).

Oprócz obliczenia błędu standartowego wykonaliśmy obliczenia mające na celu stwierdzenie czy różnica między względnymi częstościami podziałów komórkowych po napromienianiu promieniami X i β jest różnicą istotną czy też mieści się w granicach błędu przypadkowego. Jeżeli próby pochodzą z tej samej populacji błąd standartowy różnicy częstości podziałów komórkowych wynosi:

$$\sigma_{1-2} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{\frac{p_1(1000-p_1)}{n_1} + \frac{p_2(1000-p_2)}{n_2}} \quad [2]$$

przy czym n_1 i n_2 oznaczają liczebności prób napromienianych promieniami X i β . Oznaczamy jako pierwszą próbę tę dla której p jest większe. Dla sprawdzenia istotności różnicy między p_1 i p_2 obliczyliśmy wartości t :

$$t = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}} \quad [3]$$

porównując je z wartościami t_1 z tablic (2). Przy $t > t_1$ przyjmujemy, że częstości podziałów komórkowych w badanych populacjach różnią się między sobą istotnie.

Jak wynika z tab. 3 i 4 uzyskane przez nas wyniki są statystycznie pewne.

Tabela 3. Zahamowanie czynności podziałowej komórek jako funkcja dawki *)

Table 3. Inhibition of cell division as a function of dose

rodzaj promieni 1)	D a w k a w r(rep). 2)						
	50	100	150	200	250	300	350
promienie β p_1 :	83,0	74,0	65,4	60,0	54,0	43,0	38,0
promienie X p_2 :	77,5	55,6	46,8	40,4	30,1	13,1	12,0
σ_1	1,85	1,54	1,43	1,39	1,17	0,78	0,74
σ_2	1,90	1,71	1,70	1,63	1,52	1,40	1,32
t	2,64	8,00	8,45	9,33	12,57	18,68	17,33
t_1	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58

*) Częstość podziałów podano w %. Objaśnienie w tekście.

*) Frequency of mitoses is given in %. Explanations in the text.

Type of radiation 1); Dose in r 2).

Tab. 3 i ryc. 2 wykazują, że wpływ promieni beta na funkcje podziałowe komórek korzonków *Vicia faba* jest mniejszy w porównaniu z działaniem analogicznych dawek promieni X. Różnice te wyrażone w ilości podziałów komórkowych zawierają się w granicach od 18,4 do 28,9‰. Błąd standardowy nie przekraczał 1,90‰. Spadek liczby podziałów komórkowych do 50‰ uzyskano po zadziałaniu promieniami X w dawce 160 r. Ten sam odczyn po napromienianiu promieniami beta można było uzyskać dopiero po dawce 260 rep. Współczynnik skuteczności $n=0,61$.

Tabela 4. Liczba ana- i telofaz jako funkcja dawki w przebiegu odczynu późnego *)
Tabela 4. The number of ana- and telophases as the function of dose in the course of late reaction *).

rodzaj promieni 1)	D a w k a w r(rep). 2)						
	50	100	150	200	250	300	350
promienie β p_1 :	39,0	36,7	32,0	28,3	24,7	20,3	16,2
promienie X p_2 :	35,1	32,1	28,3	25,1	21,8	17,2	13,6
σ_1	1,34	1,29	1,21	1,14	1,06	0,97	0,87
σ_2	1,26	1,21	1,14	1,07	1,00	0,89	0,79
t	2,51	2,59	2,21	2,03	1,98	2,36	2,23
t_1	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96

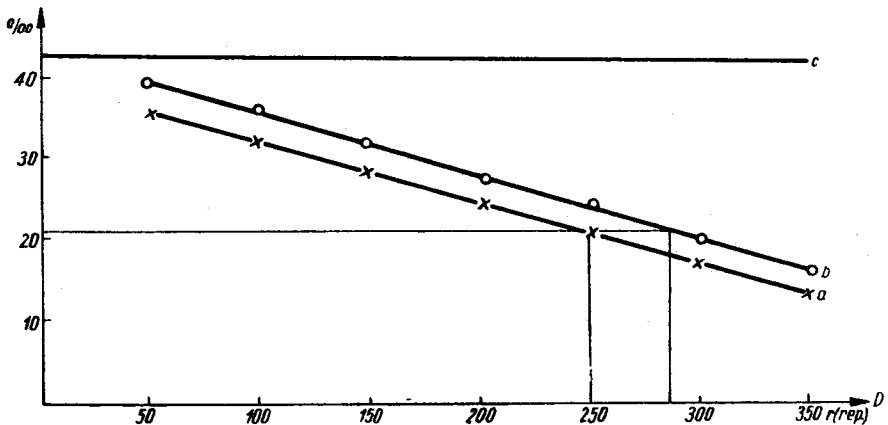
*) Częstość podziałów podano w %. Objaśnienie w tekście.

*) Frequency of mitoses is given in %. Explanations in the text.
Type of radiation 1); Dose in r 2).

2. *Odczyn późny*. Obliczenia powyższe wykonano na komórkach korzonków utrwalanych 2 godz. po napromienianiu, zatem zaobserwowane odchylenia ilościowe odnoszą się do odczynu wczesnego. Podobne obliczenia wykonaliśmy dla odczynu późnego — utrwalanie korzonków miało miejsce 12 godz. po napromienieniu — z tym, że nie badaliśmy stopnia zahamowania podziału mitotycznego jako całości, a jedynie braliśmy pod uwagę komórki w ana- i telofazie, których wyodrębnienie jest rzeczą znacznie łatwiejszą, aniżeli to ma miejsce w odniesieniu do profazy, czy nawet metafazy. Uzyskane wyniki podaje tab. 4 i ryc. 3. Liczba komórek w ana- i telofazie również wykazuje wyraźną zależność od dawki. Różnice w działaniu promieni X i beta są również statystycznie pewne, jakkolwiek mniej wyraźne, niż w poprzednim doświadczeniu. Częstości występowania ana- i telofaz po napromienianiu promieniami X i beta P^{32} różnią się o wartość 2,6 do 3,9‰ przy błędzie pomiaru dochodzącym do 1,34‰.

Dawki $D_{0,5}$ wynoszą: dla promieni X — 250 r; dla promieni β — 288 rep. Współczynnik skuteczności $\mu = 0,86$.

3. Na zakończenie wykonaliśmy badania mające na celu uzyskanie „krzywych podziału mitotycznego”. Grupy skiełkowanych ziaren *Vicia faba* napromienialiśmy jednorazowo promieniami X 70 kV i promieniami



Ryc. 3. Krzywe skuteczności dawek promieni X (a) i promieni β P^{32} (b) wg danych tabelicy 4. c — przeciętna częstość ana- i telofaz w korzonkach nienapromienianych.
Fig. 3. Curves of the efficiency of doses of X-rays (a) and P^{32} β -rays according to the data contained in Table 4. c — average frequency of ana- and telophases in unirradiated radicles.

beta fosforu 32 dawką 300 r (rep). Utrwalanie wierzchołków korzeni miało miejsce 1, 2, 12, 24 i 48 godz. po napromienianiu. Liczono komórki w fazie podziału w sposób opisany powyżej. Wyniki przedstawione są w tab. 5 i na ryc. 4.

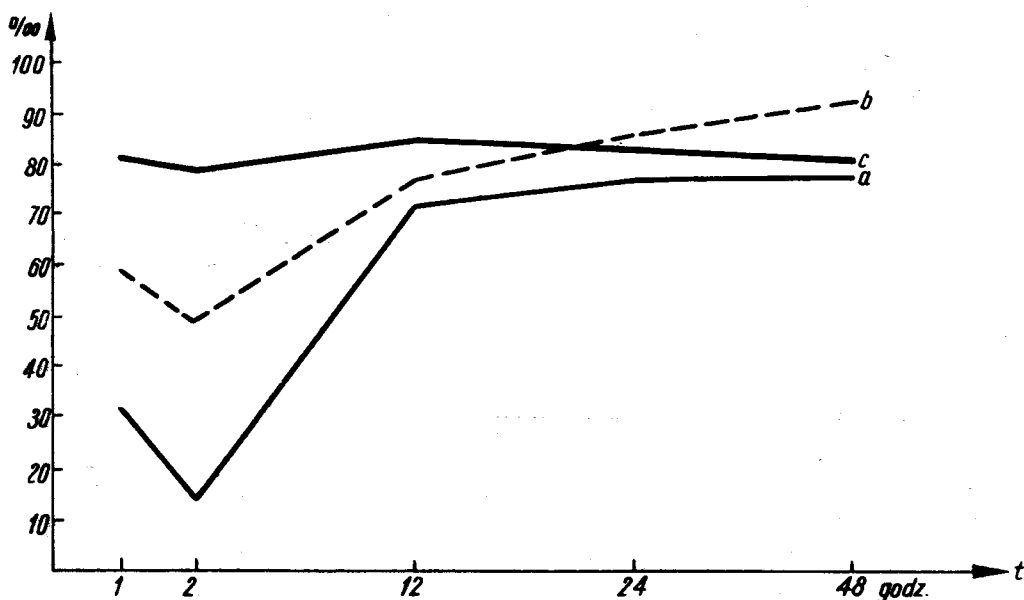
Tabela 5. Czynność podziałowa komórek korzonków *Vicia faba* jako funkcja czasu, po napromienianiu promieniami X i β w dawce 300 r (rep).

Tabela 5. Mitotic function of *Vicia faba* radicles cells as a function of time, after irradiation with X— and β -rays in 300 r. dose.

rodzaj promieni 1)	Czas po napromienianiu w godz. 3)				
	1	2	12	24	48
promienie X	32,1	15,5	71,0	76,7	78,0
promienie β	58,5	49,6	76,1	86,4	92,0
kontrola 2)	80,3	78,5	84,2	83,9	80,9

Type of radiation 1); Control 2); Time since irradiation in hours 3).

Porównanie krzywych podziału mitotycznego wykazuje ich bardzo podobny przebieg, przy czym skuteczność działania biologicznego promieni beta jest zdecydowanie mniejsza przez cały czas trwania odczynu wczesnego i późnego. Po zadziałaniu promieniami beta częstość podziałów przekracza wartości prawidłowe już około 18 godz. po napromienianiu.



Ryc. 4. Krzywe podziału mitotycznego po napromienianiu promieniami X (a) i β P³² (b) w dawce 300 r. c — częstość podziałów w korzonkach nienapromienianych.

Fig. 4. Curves of mitoses after irradiation with 300 r of X-rays (a) and P³² β -rays (b). c — frequency of mitoses in unirradiated radicles.

OMÓWIENIE

Przeprowadzone przez nas ilościowe badania porównawcze nad biologicznym działaniem promieni X 70 kV i promieni beta fosforu 32 nie dały jednoznacznych wyników. Różnice w działaniu biologicznym obu wymienionych rodzajów promieni jonizujących u pewnych obiektów nie występują zupełnie, u innych wahają się w zależności od rodzaju obiektu.

Działanie promieni X i beta P³² na jajeczka *Drosophila melanogaster* jest identyczne zarówno w odniesieniu do jajeczek w wieku 1 godz. \pm 15 min. Natomiast dość duże różnice stwierdzono w odniesieniu do korzonków grochu i komórek stożków wzrostu *Vicia faba*. Uzyskane wartości liczbowe współczynników względnej skuteczności wahają się zależnie od użytego testu w granicach 0,61—0,86. Przyczyn tego należy szukać niewątpliwie

w niejednakowej gęstości jonizacji wywołanej przez promienie X i beta P^{32} i w osobliwościach biologicznych użytych obiektów.

Nie jest zrozumiałym dlaczego nie ujawniły się różnice w działaniu promieni X i beta P^{32} na jajeczka *Drosophila m.* Fakt ten nie obcy w piśmiennictwie, zastanawiał różnych autorów. Jest możliwe, że mechanizm uszkodzenia jajeczek muchy owocówki różni się od sposobu powstawania uszkodzeń popromiennych u innych obiektów roślinnych i zwierzęcych. Bardzo małe rozmiary tego obiektu mogą być przyczyną, że dawki głębokościowe w obrębie jajeczka w przybliżeniu są takie same, mimo użycia promieniowań o niejednakowej gęstości jonizacji. Prócz tego duża wrażliwość jajeczek *Drosophila m.* na działanie promieni jonizujących może sprawiać, że śmierć jajeczka może zachodzić po absorpcji minimalnej ilości energii związanej z kilkoma pojedynczymi aktami jonizacji. Opierając się na danych z piśmiennictwa można przypuszczać, że różnice w działaniu biologicznym promieni X i beta P^{32} ujawniłyby się, gdyby użyto do doświadczenia jajeczka starsze (w wieku 4 godz. i więcej), które cechuje inny mechanizm śmierci popromiennej niż jajeczka młode.

Potwierdzono znany z piśmiennictwa fakt zależności WSB od zastosowanego testu nawet u tego samego obiektu. Dowodem tego są badania przeprowadzone na komórkach korzonków *Vicia faba*. Współczynnik skuteczności obliczony na podstawie oszacowania częstości podziałów komórkowych 2 godz. po napromienianiu wynosi 0,61, natomiast obliczenie częstości występowania ana- i telofaz w przebiegu odczynu późnego (12 godz. po napromienianiu) dało współczynnik skuteczności równy 0,86. Przyczyną tego rodzaju różnic jest niejednakowa wrażliwość na promieniowanie komórek w różnych okresach cyklu podziałowego.

Na uzyskane wyniki pomiarów niewątpliwie mogą mieć wpływ pewne błędy systematyczne, w pierwszym rzędzie błąd mający swe źródło w stosowaniu niejednakowych kryteriów oceny dawki promieni X i βP^{32} . Dawkę promieni X mierzono w sposób typowy handlowym dawkomierzem. Natomiast dawkę promieni β obliczano teoretycznie, na podstawie słusznych niewątpliwie założeń teoretycznych, uwzględniających możliwie wszystkie czynniki mogące mieć wpływ na wielkość pochłoniętej w środowisku energii. Ten sposób wyznaczania dawki ma tę ujemną stronę, że wymaga bardzo skrupulatnego przygotowania aplikatora, dokładnej znajomości aktywności właściwej roztworu radioaktywnego oraz aktywności powierzchniowej aplikatora, co stwarza dodatkowe możliwości błędów w ocenie mocy dawki. Niestety ten sposób wyznaczania dawki promieni β jest jedynym powszechnie stosowanym, zresztą dla celów praktycznych całkowicie wystarczającym.

Duży wpływ na uzyskane wyniki mogą mieć również liczne inne czynniki natury biologicznej i fizycznej. Mimo rygorystycznego przestrzegania

stałych warunków doświadczenia, nieduże wahania temperatury, wilgotności środowiska i powietrza, jak również niedostrzegalne uszkodzenia materiału biologicznego w czasie jego opracowywania, powodujące zaburzenia w prawidłowym rozwoju, wpływają niewątpliwie na ilościową ocenę uszkodzenia popromiennego. Odnosi się to w pierwszym rzędzie do tak delikatnego obiektu jakim są jajeczka *Drosophila m.* O ile jednak te błędy rozkładają się równomiernie na obie serie doświadczalne o tyle błąd wynikający z oceny dawki może mieć zasadnicze znaczenie.

Za słusznością uzyskanych przez nas wyników przemawiają zarówno wyniki oceny statystycznej doświadczeń jak i fakt, że wyniki naszych badań w zasadzie nie odbiegają od wyników nielicznych badań cytowanych z piśmiennictwa. Zestawienie wyników własnych i z piśmiennictwa podaje tab. 6.

Tabela 6. Wartości liczbowe współczynnika skuteczności promieni beta fosforu 32.
Table 6. Values of the efficiency factor coefficient of P^{32} β -rays.

autor 1)	obiekt biologiczny 2)	rodzaj promieni joniz. 3)	η
Stapleton, Zirkle (7)	<i>Drosophila m.</i>	γ Ta ¹⁸¹ : βP^{32}	1,0
Zirkle (8)	<i>Drosophila m.</i>	X 200kV: βP^{32}	0,6
Smith i Daniels (1)	<i>Tradescantia</i> (aberracje chromosomów) 4)	X 60kV: βP^{32}	0,5
Seeman i tow. (6)	skóra królika 5)	X 200kV: βP^{32}	0,5
Badania własne 6) (4)	<i>Drosophila m.</i> 1 \pm 1/4h	X 70kV: βP^{32}	1,0
(4)	<i>Drosophila m.</i> 3 \pm 1/4h	X 70kV: βP^{32}	1,0
	korzonki grochu 7)	X 70kV: βP^{32}	0,68
	<i>Vicia faba</i> (częstość mitoz) 8)	X 70kV: βP^{32}	0,61
	<i>Vicia faba</i> (ana-i telofazy) 9)	X 70kV: βP^{32}	0,86

Author 1); Biological object 2); Type of ionizing radiation 3); Chromosome aberrations 4); Rabbit skin 5); Author's investigations 6); Pea radicles 7); Frequency of mitoses 8); Ana- and telophases 9).

Na podstawie przeprowadzonych przez nas badań porównawczych nie można ustalić powszechnie obowiązującej wartości liczbowej współczynnika względnej skuteczności promieni β fosforu 32; zmienia się ona wyraźnie w zależności od wielu czynników biologicznych i fizycznych.

Wynika stąd ważny wniosek praktyczny. Zastosowanie fosforu 32 w leczeniu jako źródła zewnętrznego napromieniania winno opierać się na uprzednim doświadczalnym ustaleniu WSB w warunkach cechujących

dane postępowanie lecznicze. Opieranie się na wynikach badań na uproszczonych obiektach biologicznych, wykonywanych często w bardzo różniących się między sobą warunkach doświadczalnych może być przyczyną niewłaściwego dawkowania energii a co za tym idzie niezadowolających wyników leczenia. Postulat ten jest szczególnie godny podkreślenia w związku z rozpowszechnionym w piśmiennictwie poglądem jakoby WSB promieni β , niezależnie od ich energii, była równa 1. Pogląd ten w świetle badań cytowanych z piśmiennictwa jak i własnych nie wydaje się być uzasadniony.

T. Рудницки

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕТА ЛУЧЕЙ
ФОСФОРА 32

Содержание

Приведены результаты дальнейших исследований биологической эффективности бета лучей фосфора 32. Исследовалось влияние лучей X 70 к и бета лучей P^{32} на рост корешков гороха и митотические функции клеток корней *Vicia faba*. Установлено, что биологическая эффективность бета лучей P^{32} меньше активности лучей X 70 к на фосфор 0,61—0,86.

T. Rudnicki

THE RELATIVE BIOLOGICAL EFFECT OF P^{32} β RADIATION

II. Comparison of P^{32} β radiation and X-rays as to their biological effects on the growth of pea radicles and mitotic functions in *Vicia faba* radicles

Summary

Further results of studies on the relative biological efficiency of P^{32} β radiation are reported. The effect on the growth of pea radicles and mitotic functions in *Vicia faba* growing points proved inferior to that of 70 kV X-rays by a factor of 0.61—0.86.

PIŚMIENNICTWO

1. J. Kirby-Smith, D. Daniels: *Genetics* 1953, 38, 375.
2. J. Krupiński, E. Gorzelak: *Statystyka w Służbie Zdrowia*, Warszawa, 1957.
3. H. Marquardt: *Z. Bot.* 1941, 36, 273.
4. T. Rudnicki: *Acta Physiol. Pol.*, w druku.
5. A. Schreiber: *Strahlentherapie* 1958, 105, 405.
6. W. Seeman, M. Ter-Pogossian, W. Ittner: *Radiology* 1955, 65, 260.
7. G. Stapleton, E. Zirkle: *Wg R. Snyder, W. Kiesielewski: Radiology* 1950, 54, 743.
8. E. Zirkle: *Wg R. Snyder, W. Kiesielewski: Radiology* 1950, 54, 743.

Otrzymano: 28. V. 1960.

Adres autora: Poznań, ul. Kraszewskiego 4 m. 9.