

MARIAN GÓRSKI, APOLONIA OSTROWSKA

WPŁYW MOCZENIA NASION W SOLACH RADIOAKTYWNYCH IZOTOPÓW WAPNIA-45 I STRONTU-90 NA PLON ROŚLIN

Z Zakładu Chemii Rolniczej SGGW i Działu Żywnienia IUNG

PRZEGLĄD LITERATURY

Prace nad wpływem promieniowania naturalnych pierwiastków promieniotwórczych oraz izotopów promieniotwórczych na rośliny nie są zagadnieniem nowym i postępują równolegle w miarę rozwoju fizyki jądrowej. Stoklasa już w roku 1904 [5], a następnie w dalszych pracach [13, 14] badał wpływ naturalnej promieniotwórczości skał, gleb i wód z okolic złóż uranowych oraz emanacji radu na rozwój roślin i mikroorganizmów. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń z wyką, pszenicą, jęczmieniem, grochem, koniczyną i innymi roślinami oraz azotobakterem, bakteriami brodawkowymi i innymi stwierdził, że dawki promieniowania 0,41 — 3,3 ME/litr¹ powietrza stymulują kiełkowanie i wzrost roślin, natomiast dawka 341 ME/litr powietrza działała już szkodliwie na te procesy. W przypadku mikroorganizmów Stoklasa znajduje, że dla azotobaktera optymalna dawka promieniowania, przy której zwiększa w asymilacji azotu wynosi 50%, leży w granicach 80 — 150 ME/litr powietrza. W ogóle twierdzi, że stymulujące działanie małych dawek promieniowania zarówno na rośliny, jak i na mikroorganizmy w pierwszej fazie jest bardzo szybkie i maleje w miarę upływu czasu. Poza tym według Stoklasy możliwość dodatniego działania promieniowania uzależniona jest od innych czynników potrzebnych do rozwoju roślin, jak tlen, woda, składniki pokarmowe. Stoklasa uzyskując stosunkowo wysokie przyrosty (30 — 90%) masy badanych roślin pod wpływem promieniowania twierdził, że ma ono duży wpływ na różne procesy fizjologiczne zachodzące w roślinie.

Odkrycie sztucznej promieniotwórczości (1934) przez I. Joliot-Curie, a następnie uzyskanie izotopów promieniotwórczych, pozwoliło

¹ ME — oznacza „Macheinheiten” — jednostki Macha.

na ich zastosowanie w różnych dziedzinach. W biologii wiele prac przeprowadzono nad określeniem dawek promieniowania, które mogą być użyte w badaniach z żywymi organizmami, bez ich szkodliwego działania.

Jako źródła promieniotwórczości używano najczęściej radioaktywnego fosforu. Prace te prowadzili między innymi Blum [1, 2], Bould [3], Russel [9, 10], Dion [4], Tolbert [15], Guliakin [7, 8]. W ich doświadczeniach na glebie i w kulturach wodnych z różnymi roślinami stosowane dawki P-32 wahają się od 1—400 μc /wazon zawierający 1,95 kg gleby [1] albo 4—128 μc /litr pożywki [2]. Stwierdzono, że dopiero dawki większe od 200 μc /kg gleby [1], a nawet dopiero 1 mc/1 kg gleby lub liter pożywki [7, 8] obniżają plon roślin. Jakkolwiek autorzy mieli na celu określenie szkodliwych ilości promieniowania stosując dużą rozpiętość dawek, niektórzy z nich zaobserwowali jego dodatni wpływ. Bould [3] w doświadczeniu z jęczmieniem w wazonikach zawierających 1,95 kg gleby uzyskał przy małych dawkach P-32 statystycznie udowodnioną zwyżkę suchej masy nadziemnych części jęczmienia. Podobne wyniki z jęczmieniem w kulturach wodnych przy dawce P-32 10—20 μc otrzymał Russell. Jednocześnie obaj autorzy stwierdzili obniżenie masy korzeni, co Russell tłumaczy nagromadzeniem się P-32 w stożkach wzrostu. Stymulujące działanie promieniowania uzyskiwali i inni badacze, ale wyniki nie zawsze się powtarzały. Dopiero badacze radzieccy ponowili jak gdyby badania Stoklasa badając wpływ małych dawek promieniowania na rośliny i z tego punktu widzenia przeprowadzili duże ilości doświadczeń. Na szczególną uwagę zasługują prace Żeżela [20] i Własicka [16, 17, 18, 19].

Żeżel zajmował się wpływem małych dawek promieniowania naturalnych pierwiastków promieniotwórczych radu, uranu i toru na różne rośliny. Przeprowadzone przez niego w okresie 9-letnim doświadczenia wazonowe (220 doświadczeń w 8097 wazonach), polowe (317 doświadczeń na 10 000 poletek) i produkcyjne (182 doświadczenia na 1667 ha) z owsem, jęczmieniem, pszenicą, żytem, ziemniakami, kapustą, rzepakiem, burakami i innymi wykazały, że poszczególne rośliny różnie reagowały na promieniowanie. Optymalne dawki dla większości z nich znajdują się według Żeżela dla radu i uranu 10^{-12} — 10^{-9} c/kg gleby, dla toru, który był dawany w postaci łupka w ilości 0,2—0,4 g/kg gleby (skład chemiczny łupka w procentach: substancji organicznych 10—20; N: 0,33—0,58; P_2O_5 : 0,13—0,52; K_2O : 3,96—5,5 i inne, aktywność 10^{-10} c/kg). Przy tych dawkach w większości przypadków uzyskał przeciętnie zwyżki plonów wynoszące około 30%. Żeżel podobnie jak Stoklasa zaznacza, że dodatnie działanie promieniowania zależy od wielu czynników, jak naturalna promieniotwórczość gleb, różna reakcja roślin i inne optymalne warunki rozwoju roślin.

Wła si u k badał także wpływ promieniowania na rośliny, używając jako źródła promieniowania izotopów promieniotwórczych cynku, siarki, kobaltu, wapnia, fosforu, potasu i innych. Izotopy daje albo bezpośrednio do rośliny przez moczenie nasion lub opryskiwanie, albo jako nawóz do gleby. W obu przypadkach stosuje on małe dawki promieniowania. Przy moczeniu nasion od 0,01 — 100 μc /litr roztworu/kg nasion. Wła si u k podobnie jak Ż e ż e ł przeprowadził dużą ilość doświadczeń z różnymi izotopami i z wieloma roślinami oraz z kulturami drożdży. Bada on nie tylko wpływ promieniowania na produkcję masy, ale na różne procesy zachodzące w roślinie, jak asymilacja, procesy utleniające. Na podstawie tych prac twierdził jak S t o k l a s a, że działanie promieniowania na organizmy żywe hamuje procesy biologiczne przy dużej i przyspiesza przy małej dawce.

Przy stosowaniu małych dawek promieniowania na rośliny otrzymywał w większości przypadków przyspieszenie procesów utleniania w początkowym okresie rozwoju, a w rezultacie wyższe plony. Uzyskiwane przez Wła si u k a wyższe plony roślin wahają się od kilku do kilkudziesięciu procent.

Liczne prace wyżej wymienionych autorów budzą zastrzeżenia metodyczne, które wpływają na ich ocenę. Najczęściej nie są podawane miary dokładności, ilości powtórzeń, warunki, w jakich doświadczenia zostały przeprowadzone. Zastrzeżenia te powodują krytyczne ustosunkowania do otrzymanych wyższych plonów, nie negują jednak już przez S t o k l a s a obserwowanego stymulującego działania małych dawek promieniowania na procesy biologiczne.

Równoległe z pracami nad wpływem promieniowania na rośliny, prowadzone są w ZSRR prace nad wpływem promieniowania na mikroorganizmy. S o k u r o w a [11, 12] w swoich doświadczeniach z azotobakterem i bakteriami brodawkowymi znalazła stymulujące działanie promieniowania pochodzącego od uranu-235 i produktów jego rozpadu na rozwój i wiązanie azotu przez te bakterie.

Pomyślne rezultaty uzyskane przez Wła si u k a i Ż e ż e ł a, a jednocześnie nie wyjaśniona jeszcze przez innych badaczy sprawa stymulującego promieniowania na rośliny, skłoniła nas do podjęcia prac w tej dziedzinie.

BADANIA WŁASNE

Doświadczenia nad wpływem promieniowania na rośliny obejmują okres dwuletni. Rozpoczęto je w roku 1956 z radioaktywnym strontem (^{90}Sr), w następnym roku prowadzono je z radioaktywnym wapniem (^{45}Ca).

Wpływ radioaktywności na rośliny badano przez przedsiwne moczenie nasion w solach radioaktywnego strontu i wapnia. Dla porównania wprowadzono kombinacje kontrolne, gdzie nasiona moczone w równoważnej ilości niepromieniotwórczych soli tych pierwiastków. Wpływ samego moczenia wyeliminowano przez wprowadzenie kombinacji z moczeniem w wodzie. Roztwory do moczenia przygotowano w następujący sposób:

1. **S t r o n t.** Otrzymany z IBJ azotan radioaktywnego strontu (^{90}Sr) o aktywności właściwej 4,3 mc/l odpowiednio rozcieńczano uzyskując w ten sposób roztwory o wymaganej aktywności: 50, 100, 200, 300, 500 $\mu\text{c/l}$. W każdym z tych roztworów oznaczono pośrednio stężenie strontu z ilości azotu (azot oznaczono przez destylację — mikro). Stężenie to wynosiło przy:

50 $\mu\text{c/l}$ — 1,34 mg Sr	300 $\mu\text{c/l}$ — 8,06 mg Sr
100 $\mu\text{c/l}$ — 2,68 mg Sr	500 $\mu\text{c/l}$ — 13,44 mg Sr
200 $\mu\text{c/l}$ — 5,37 mg Sr	

Równocześnie przygotowano w tych samych stężeniach roztwory wodne azotanu nieradioaktywnego strontu.

2. **W a p ń.** Otrzymany węglan radioaktywnego wapnia (^{45}Ca) przeprowadzono w azotan wapnia. Tak uzyskany azotan posiadał radioaktywność właściwą 19 $\mu\text{c/ml}$ i stężenie 33 mg CaO/1 ml roztworu. Potrzebne aktywności uzyskaliśmy przez odpowiednie rozcieńczenie.

Nieradioaktywny azotan wapnia przygotowano w taki sam sposób wychodząc z węglanu wapnia.

Sposób postępowania przy moczeniu nasion we wszystkich doświadczeniach był jednakowy.

Nasiona moczone w uprzednio przygotowanych roztworach o różnych radioaktywnościach, a mianowicie: 50 $\mu\text{c/l}$; 100 $\mu\text{c/l}$; 200 $\mu\text{c/l}$ itd. Stosunek nasion do roztworu wynosił 1 liter na 1 kg. Moczenie trwało przez 24 godziny w temperaturze pokojowej. Przy doświadczeniach wazonikowych i wazonowych nasiona do moczenia układano w płaskich naczyniach jedną warstwą. Po 24 godzinach namoczone nasiona wyrzucano na lejki, a resztę płynu zbierano do cylinderka. W ten sposób ustalono, że nasiona pochłaniały przeciętnie około 50% roztworu, w którym były moczone, oprócz łubinu, który pochłonął prawie całą ilość roztworu. Moczone nasiona przemywano na lejku kilkakrotnie wodą, a następnie wilgotne wysiewano. Radioaktywności wysiewanych nasion nie oznaczano. Przeprowadzono trzy serie doświadczeń.

1. Doświadczenia wstępne w wazonikach (przeprowadzone w specjalnym pomieszczeniu przy stałej temperaturze (20 °C) i oświetleniu).

2. Kultury wodne (przeprowadzone w hali vegetacyjnej).

3. Kultury wazonowe na glebie i na piasku (przeprowadzone w hali vegetacyjnej).

DOŚWIADCZENIA WSTĘPNE

Doświadczenia wstępne przeprowadzone w wazonikach na glebie (0,5 kg gleby/wazon) z radioaktywnym strontem.

Wpływ radioaktywności badano przez moczenie nasion w roztworze azotanu radioaktywnego strontu. Schemat doświadczenia podano w tablicy 1. Doświadczenia przeprowadzono z pszenicą, wyką, owsem, fasolą i kukurydzą. Po dziesięciu dniach wegetacji rośliny sfotografowano. Plony podano w tablicy 1.

Tablica 1

Srednie plony z trzech powtórzeń zielonej masy roślin po 10 dniach wegetacji w g/wazon

Lp.	Kombinacje	Pszenvica	Wyka	Owies	Fasola	Kukurydza
1	W wodzie	4,80	7,93	9,50	7,03	5,50
2	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$	5,00	7,00	8,57	6,93	4,23
3	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 200 $\mu\text{c}/\text{l}$	4,60	6,90	7,97	5,83	5,13
4	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c}/\text{l}$	4,90	6,80	8,30	6,13	4,57

W czasie tego krótkiego okresu wegetacji nie zaobserwowano większych różnic w rozwoju roślin. Jedynie na wyce nieznacznie zaznaczyło się ujemne działanie moczenia w radioaktywnym strontie, a na pszenicy nieznaczne dodatnie działanie. Różnice te mogły być spowodowane albo działaniem samego strontu, albo działaniem radioaktywności. Wobec tego doświadczenie z tymi dwoma roślinami powtórzono, wprowadzając dla porównania kombinacje z nieradioaktywnym strontem. Schemat doświadczenia podano w tablicy 2.

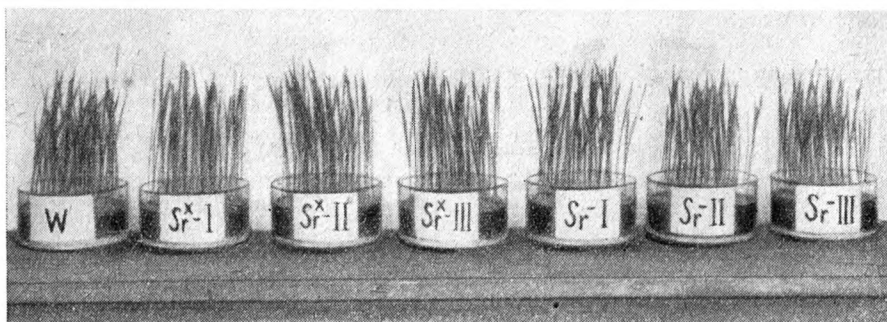
W doświadczeniu tym zbadano również wpływ moczenia nasion na siłę kiełkowania. Wyniki zestawiono w tablicy 2. Doświadczenie trwało 10 dni, po czym rośliny sfotografowano (fot. 1 i 2), ścięto i zważono. Wyniki podano w tablicy 2.

Tablica 2

Wpływ moczenia na siłę kiełkowania nasion i plon roślin

Lp.	Kombinacje	Pszenvica		Wyka	
		siła kiełkowania w procentach	plon w g/wazon po 10 dniach wegetacji	siła kiełkowania w procentach	plon w g/wazon po 10 dniach wegetacji
1	W wodzie	90	7,10	89	8,33
2	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$	94	6,53	78	6,67
3	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	93	6,97	90	8,87
4	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 200 $\mu\text{c}/\text{l}$	93	7,13	73	5,40
5	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	90	6,40	79	6,47
6	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c}/\text{l}$	95	6,87	80	6,63
7	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	94	6,73	84	7,50

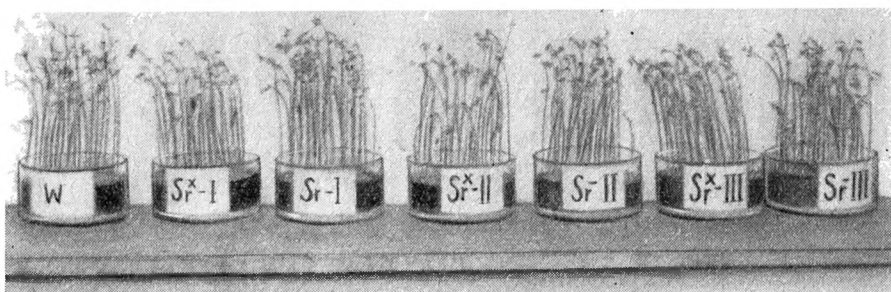
Z tablicy tej widzimy, że radioaktywność wpływa w niewielkim stopniu dodatnio na siłę kiełkowania pszenicy, czego nie widać w jej plonie. U wyki natomiast wyraźnie widać szkodliwe działanie radioaktywnego



Fot. 1. Pszenica: nasiona moczone

W — w wodzie

- | | |
|--|--|
| *Sr- I — w $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$ | Sr- I — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. |
| *Sr- II — w $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 200 $\mu\text{c}/\text{l}$ | Sr- II — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. |
| *Sr-III — w $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c}/\text{l}$ | Sr-III — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. |



Fot. 2. Wyka: nasiona moczone

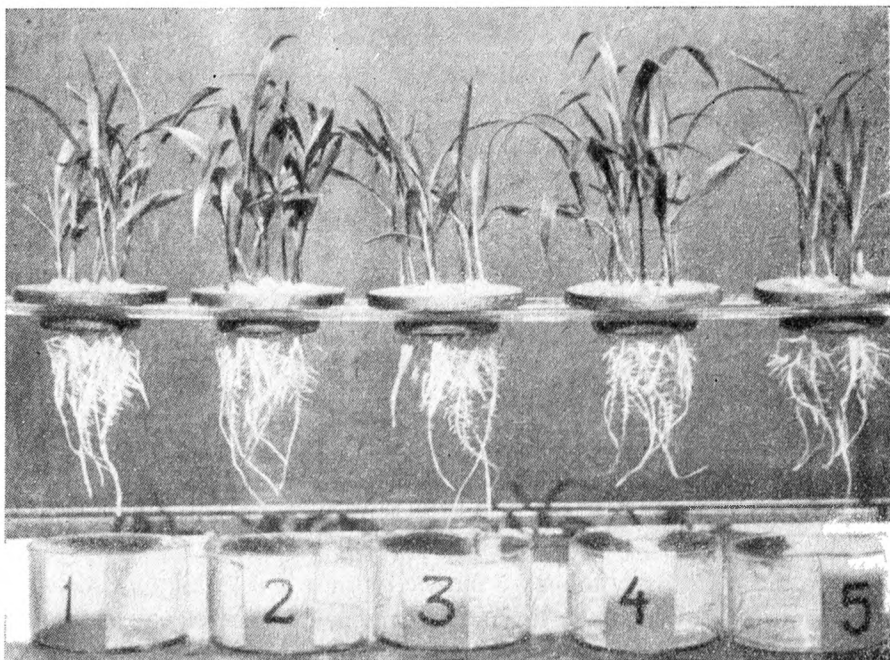
W — w wodzie

- | | |
|---|---|
| *Sr- I — w $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 2 $\mu\text{c}/\text{l}$ | Sr- II — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. |
| Sr- I — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. | *Sr-III — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c}/\text{l}$ |
| *Sr-II — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 200 $\mu\text{c}/\text{l}$ | Sr-III — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. |

strontu tak na siłę kiełkowania, jak i plon. Zaznacza się to wyraźnie na fot. 2. Różnice te są jednak tak małe, że trudno wyciągnąć z nich jakiegokolwiek wnioski.

KULTURY WODNE

W kulturach wodnych przeprowadzono dwa równoległe doświadczenia z kukurydzą pękającą według schematu podanego w tablicy 3 i 4. Pierwsze doświadczenie założono już w połowie marca. Pierwszy miesiąc wegetacji



Fot. 3. Kukurydza: nasiona moczone

- | | |
|--|---|
| 1 — w wodzie | |
| 2 — w $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$ | 3 — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. |
| 4 — w $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c}/\text{l}$ | 5 — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. |

rośliny hodowano w litrowych zlewkach (10 roślin) na pożywce Helrigela w warunkach laboratoryjnych. Pożywkę zmieniano przynajmniej trzy razy w tygodniu. W tym okresie obserwowano dodatnie działanie radioaktywnego strontu. Rośliny, których nasiona moczone były w ^{90}Sr , szybciej się rozwijały, odznaczając się od pozostałych bujniejszym wzrostem korzeni oraz zdrowym wyglądem liści. Różnice na korzyść radioaktywnego strontu wyraźnie widać na fot. 3 (fotografowano w dwudziestym drugim dniu wegetacji). W połowie kwietnia kukurydzę umieszczono w dużych słojach (5,5 litra) po trzy rośliny, na pożywkę Prianisznikowa, a następnie przeniesiono do hali wegetacyjnej. W tym czasie wystąpiły silne przymrozki, które uszkodziły rośliny — wzrost został zahamowany, a dalszy rozwój nienormalny. Od pierwszego tygodnia wzrostu aż do kwitnienia przy pierw-

szych objawach chlorozy stosowano dokarmianie roślin żelazem (kupki korzeni w 1% cytrynianie żelaza przez około 15 minut). Kultury przewletrzano codziennie, pożywkę zmieniano przeciętnie raz na tydzień. Doświadczenie doprowadzono do pełnej dojrzałości. Różnice obserwowane na początku wegetacji na korzyść radioaktywnego strontu utrzymywały się przez cały okres wegetacji, choć zacierają się na skutek nienormalnego rozwoju roślin. W rezultacie otrzymane plony znacznie się między sobą różnią, dlatego w tablicy 3 podajemy plony z każdego powtórzenia.

Tablica 3

Plony powietrznie suchej masy kukurydzy w g/wazon

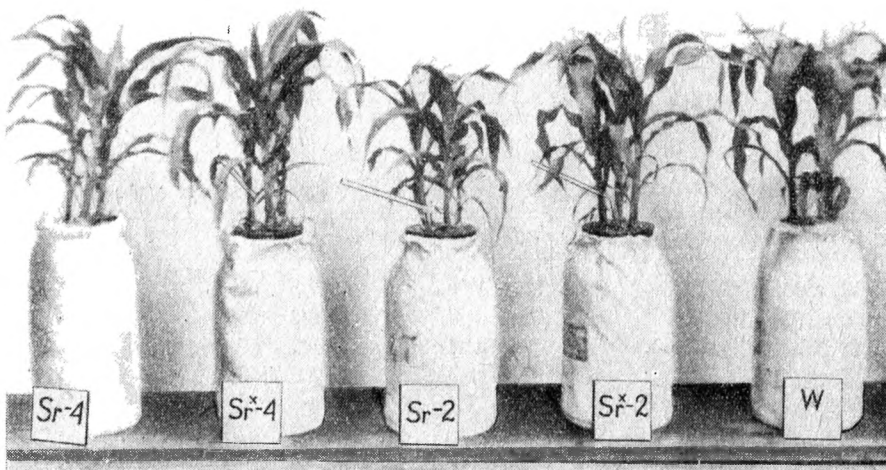
Lp.	Kombinacje	Części nadziemne	Korzenie	Kolby
1	W wodzie	9,0	1,95	2,70
		14,80	3,95	3,00
2	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{C}/\text{l}$	15,90	3,07	8,10
		12,97	3,10	7,02
3	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	9,72	1,97	—
		7,00	1,90	5,35
4	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{C}/\text{l}$	10,30	2,20	1,60
		12,62	3,62	3,12
5	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	12,10	3,40	1,82
		12,72	3,42	2,72

Rozpatrując liczby w tablicy 3 można by mówić o działaniu radioaktywnego strontu, gdyby nie to, że liczba powtórzeń, a na skutek tego dokładność, jest zbyt mała do wyprowadzenia takiego wniosku.

Następne doświadczenie założono w połowie kwietnia w trzech powtórzeniach. Warunki doświadczenia były takie jak poprzednio. Rośliny przeniesiono do hali wegetacyjnej na początku maja, gdzie nieco ucierpiały z powodu przymrozków, po tym niekorzystnym okresie rośliny rozwijały się normalnie. W połowie maja zaobserwowano lepszy rozwój roślin szczególnie systemu korzeniowego na kombinacjach z radioaktywnym strontem. Różnice na korzyść radioaktywnego strontu wyraźnie widać na fot. 4 i 5. Różnice te utrzymują się do końca wegetacji tak w częściach nadziemnych, jak i w korzeniach. Rośliny doprowadzono do pełnej dojrzałości. Plon podano w tablicy 4.

Ponieważ kukurydza posiada dużą zmienność osobniczą dla oceny statystycznej wyników, należało przeprowadzić ich normalizację, której dokonaliśmy przyjmując przekształcenie logarytmiczne¹. W tablicy 4 obok normalnych średnich plonów podaliśmy w nawiasach średnie z przeliczenia średnich logarytmów.

¹ M. G. K e n d a l l: *The Advanced Theory of Statistics*. t. II. Londyn 1948.



Fot. 4. Kukurydza: nasiona moczone

W — w wodzie

*Sr-2 — w $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$

Sr-2 — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.

*Sr-4 — w $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c}/\text{l}$

Sr-4 — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.



Fot. 5. Kukurydza: nasiona moczone

W — w wodzie

*Sr-2 — w $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$

Sr-2 — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.

*Sr-4 — w $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c}/\text{l}$

Sr-4 — w $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.

Po przeprowadzeniu analizy zmienności wpływ kombinacji porównywanych stwierdzono tylko dla ziarna, gdyż $\frac{F}{F} = 4,20 > 3,48$.

Porównanie różnic dla ziarna w liczbach logarytmicznych podano w tabelicy 4a. Zgodnie z przesłankami teoretycznymi różnice te nie zależą od przekształcenia, a więc mają charakter rzeczywistych różnic między średnimi.

Tabela 4

Średnie plony z trzech powtórzeń pow. s.m. kukurydzy w g/wazonach

Lp.	Kombinacje	Ziarno	Słoma	Korzenie
1	W wodzie	35,2 (33,0)	47,8 (46,7)	15,6 (14,5)
2	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$	65,1 (64,0)	76,2 (75,9)	22,6 (21,4)
3	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	54,3 (52,6)	65,5 (61,7)	15,4 (14,8)
4	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c}/\text{l}$	85,2 (83,3)	83,6 (79,5)	22,2 (21,4)
5	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	63,2 (61,7)	61,3 (60,3)	18,3 (18,2)

Tabela 4a

Różnice w plonach ziarna kukurydzy

Lp.	Kombinacje	1	2	3	4	5
1	W wodzie	—	+ 0,29	+ 0,29	+ 0,40	+ 0,27
2	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$	+ 0,29	—	+ 0,09	- 0,11	+ 0,02
3	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	+ 0,20	- 0,09	—	- 0,20	- 0,07
4	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c}/\text{l}$	+ 0,40	+ 0,11	+ 0,20	—	+ 0,13
5	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	+ 0,17	- 0,02	+ 0,07	- 0,13	—

Przedział ufności ($P = 0,95$) 0,22

Porównując różnice między średnimi w tabelicy 4a widzimy, że obserwowane przez nas w okresie wegetacji różnice na korzyść radioaktywnego strontu w plonie kukurydzy leżą w granicach błędu.

KULTURY GLEBOWE

Dalsze badania nad wpływem moczenia w roztworach radioaktywnych pierwiastków prowadzono w kulturach glebowych z pszenicą, wyką, łubinem i kukurydzą. Doświadczenie założono na glebie skierniewickiej w wazonach Wagnera (7,5 kg gleby/wazon) w czterokrotnym powtórzeń dla wyki, pszenicy, łubinu i w pięciu powtórzeń dla kukurydzy.

Nawożenie podstawowe

Motylkowe — wyka — łubin

- N — 0,1 g/wazon w postaci NH_4NO_3
 P_2O_5 — 0,3 g/wazon w postaci precypitatu
 K_2O — 0,4 g/wazon w postaci K_2SO_4

Wszystkie nawozy wymieszano z glebą przed napełnieniem wazonów.

Pszenica

N — 0,75 g/wazon w postaci NH_4NO_3 w 3 dawkach po 0,25 g

P_2O_5 — 0,5 g/wazon w postaci precypitatu

K_2O — 0,5 g/wazon w postaci K_2SO_4

Pierwsza dawka azotu dana była do gleby z potasem i fosforem przed napełnieniem wazonów. Następne dawki dano w okresie krzewienia.

Kukurydza

N — 1,5 g/wazon w postaci NH_4NO_3 i $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ w 3 dawkach

P_2O_5 — 1 g/wazon w postaci precypitatu

K_2O — 1,4 g/wazon w postaci K_2SO_4 i KCl w 2 dawkach 1 + 0,4 g.

Pierwsza dawka azotu i potasu oraz cały fosfor dano do gleby przed napełnieniem wazonów. Następną dawkę azotu dano w okresie krzewienia i ostatnią dawkę azotu oraz drugą dawkę potasu dano przed kwitnieniem.

Doświadczenia założono według schematu podanego w tablicy 5 i 6.

Pszenica

Moczone nasiona wysiano do gleby 9.V po 25 ziaren na wazon. 14.V obserwowano pełne wschody równomierne we wszystkich kombinacjach. W okresie krzewienia (początek krzewienia 24.V) przeprowadzono przerwę roślin do 18 na wazon. W dalszym ciągu wegetacji rośliny rozwijały się jednakowo we wszystkich kombinacjach. Nie obserwowano działania radioaktywnego strontu. 21.VI rośliny zebrano na zieloną masę. Wyniki podano w tablicy 5. Z tablicy tej widzimy, że radioaktywność nie wpłynęła na plon roślin.

Tablica 5

Srednie plony pszenicy, wyki, łubinu pow. s.m. w g/wazonach z 4 powtórzeń

Lp.	Kombinacje	Pszenica	Wyka	Łubin	
		części nadziemne	części nadziemne	części nadziemne	korzenie
1	W wodzie	14,1	72,2	65,9	12,9
2	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 50 $\mu\text{c}/\text{l}$	14,6	75,0	70,6	12,3
3	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	14,1	73,2	72,4	11,4
4	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$	14,2	70,6	72,9	14,9
5	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	14,2	80,8	80,0	13,5
6	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 200 $\mu\text{c}/\text{l}$	15,3	76,6	71,3	11,9
7	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	14,6	78,2	71,6	13,6
8	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c}/\text{l}$	14,8	73,9	72,6	12,2
8	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	14,6	72,9	70,1	10,8
Przedział ufności ($P = 0,95$)		1,03	8,45	12,87	3,38

Wyka

Nasiona moczone jak wyżej wysiano do gleby 9.V po 25 nasion na wazon. 14.V zanotowano pełne wschody we wszystkich kombinacjach. 25.V dokonano przerywki roślin do 18 na wazon. Wyka rozwija się bardzo dobrze we wszystkich kombinacjach. Wyrównane jest też kwitnienie roślin. W połowie sierpnia rośliny zebrano na zieloną masę. Plony zestawiono w tablicy 5.

Łubin

Łubin zachowuje się podobnie jak wyka. 9.V został wysiany w ilości 10 nasion na wazon i powschodził bardzo dobrze we wszystkich kombinacjach już 14.V. W ciągu vegetacji rozwijał się normalnie. Różnic między kombinacjami nie obserwowano. W połowie sierpnia rośliny zebrano na zieloną masę. Plony zestawiono w tablicy 5.

W tablicy 5 nie obserwujemy zwyżek plonów dla żadnej z wymienionych roślin.

Kukurydza

Do doświadczenia użyto kukurydzy pękającej. Moczone nasiona wysiano do gleby 2.VI po 10 nasion na wazon. 5.VI obserwowano wschody we wszystkich kombinacjach. 8. V rozwój roślin był normalny, kombinacje ze strontem nieradioaktywnym wyglądały nieco lepiej od pozostałych, ale już 11.V wszystkie kombinacje wyrównały się. Do końca vegetacji pozostawiono 4 rośliny na wazon. W czasie wzrostu nie obserwowano działania radioaktywnego strontu. Kukurydzę zebrano w połowie sierpnia na zieloną masę. Plony zestawione są w tablicy 6.

Z tablicy tej widzimy, że nie ma istotnych różnic w plonie kukurydzy.

Tablica 6

Srednie plony pow. s.m. kukurydzy z 5 powtórzeń w g/wazonach

Lp.	Kombinacje	Części nadziemne	Korzenie
1	W wodzie	130,1	24,3
2	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c/l}$	135,5	23,0
3	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	127,6	26,6
4	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{c/l}$	126,2	27,5
5	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	125,3	24,2
6	$^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 500 $\mu\text{c/l}$	131,3	25,0
7	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	133,9	27,1
Przedział ufności ($P = 0,95$)		16,9	6,6

Wyżej wymienione doświadczenia przeprowadzono z moczeniem nasion w radioaktywnym stronczie. Oprócz tego przeprowadziliśmy takie samo

doświadczenie, w którym zamiast strontu użyliśmy radioaktywnego wapnia (^{45}Ca) w postaci azotanu. Schemat doświadczenia podano w tablicy 7. Rośliną badaną w tym doświadczeniu była kukurydza pękająca. Sposób moczenia nasion — jak w doświadczeniach poprzednich. Nawożenie podstawowe kukurydzy identyczne jak w doświadczeniu z radioaktywnym strontem.

Podczas wegetacji wzrost i rozwój roślin był normalny. Nie obserwowano działania radioaktywnego wapnia ani w okresie wegetacyjnym, ani w końcowym plonie kukurydzy podanym w tablicy 7.

Tablica 7

Srednie plony pow. s.m. kukurydzy moczonej
w radioaktywnym wapniu z 5 powtórzeń w g/wazon

Lp.	Kombinacje	Części nadziemne	Korzenie
1	W wodzie	126,4	25,0
2	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 50 $\mu\text{C}/\text{l}$	128,8	24,6
3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	131,0	24,8
4	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{C}/\text{l}$	128,7	27,2
5	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	136,9	27,4
6	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 200 $\mu\text{C}/\text{l}$	126,9	26,6
7	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	130,5	25,5
8	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 300 $\mu\text{C}/\text{l}$	126,3	26,8
9	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	130,3	26,6
10	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 500 $\mu\text{C}/\text{l}$	128,8	25,4
11	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	142,0	25,0
Przedział ufności ($P = 0,95$)		12,8	4,1

Po zakończeniu doświadczeń znaleziono niewielką radioaktywność w korzeniach kukurydzy na wyższych dawkach: w przypadku wapnia (^{45}Ca) na kombinacji 500 μC wynosiła ona 20 imp/1 g korzeni na minutę, na radioaktywnym stronczie — 30 imp/2,5 g korzeni na minutę na kombinacji 500 μC .

W przeprowadzonych przez nas doświadczeniach stymulujące działanie radioaktywności zaobserwowaliśmy tylko w kulturach wodnych na kukurydzy. Natomiast w innych doświadczeniach nie uzyskaliśmy pozytywnych wyników, co przypisywaliśmy z jednej strony radioaktywności samej gleby, z drugiej strony, opierając się na pracach W ł a s i u k a, za dużym dawkom radioaktywności przez nas użytej.

Wobec tego w roku 1957 przeprowadziliśmy następną serię doświadczeń używając tylko radioaktywnego wapnia ^{45}Ca w znacznie mniejszych dawkach.

Doświadczenia przeprowadzono w kulturach glebowych, piaskowych i wodnych z kukurydzą, pszenicą jarą i peluszką. Do doświadczeń użyliśmy radioaktywnego wapnia ^{45}Ca w postaci azotanu wapnia w następujących stężeniach:

20 $\mu\text{c}/$	roztworu/kg	nasion,	co odpowiada	72,2 mg CaO
50 $\mu\text{c}/$	l	„	„	198 mg CaO
100 $\mu\text{c}/$	l	„	„	396 mg CaO

Przygotowanie roztworów do moczenia i sposób moczenia był identyczny jak w doświadczeniach poprzednich, z tym że oznaczono radioaktywność właściwą podstawowego roztworu. Ponieważ do doświadczeń wazonowych używaliśmy znacznie mniejsze ilości nasion (nie kilogramów, a gramów), dla orientacji podajemy w przybliżeniu aktywność wnoszoną na wazon z nasionami, przyjmując, że nasiona pochłonęły całą daną im aktywność.

Dla pszenicy wynosi to około 1,2 g nasion/wazon = 0,024 μc przy 20 $\mu\text{c}/$ l; 0,06 μc przy 50 $\mu\text{c}/$ l; 0,12 μc przy 100 $\mu\text{c}/$ l.

Dla peluszkii wynosi to około 2,5 g nasion/wazon = 0,05 μc przy 20 $\mu\text{c}/$ l; 0,125 μc przy 50 $\mu\text{c}/$ l; 0,250 μc przy 100 $\mu\text{c}/$ l.

Dla kukurydzy wynosi to około 0,7 g nasion/wazon = 0,014 μc przy 20 $\mu\text{c}/$ l; 0,035 μc przy 50 $\mu\text{c}/$ l; 0,07 μc przy 100 $\mu\text{c}/$ l.

Nasiona roślin użytych w naszych doświadczeniach pochłaniały około 50% roztworu, w którym były moczone. Wobec czego przypuszczając, że w pozostałym płynie zostaje część radioaktywności, oznaczono radioaktywność roztworu przed i po moczeniu nasion. Okazało się, że w przypadku kukurydzy pozostała radioaktywność była minimalna, natomiast w przypadku pszenicy pozostało około 1/3 dawki. Oprócz tego oznaczono radioaktywność moczonych nasion w dniu siewu.

Dla pszenicy wynosiła ona:

przy 20 $\mu\text{c}/$ l/kg — 1290 imp/g/min

przy 50 $\mu\text{c}/$ l/kg — 2592 imp/g/min

przy 100 $\mu\text{c}/$ l/kg — 4333 imp/g/min

dla kukurydzy:

przy 50 $\mu\text{c}/$ l/kg — 3172 imp/g/min

przy 100 $\mu\text{c}/$ l/kg — 3921 imp/g/min.

Radioaktywność nasion oznaczono licznikiem GM w osadzie szczawianu wapnia, wytrąconym ze spopielonej na sucho substancji roślinnej. Po zakończeniu doświadczeń w plonach roślin, na których zaobserwowaliśmy działanie radioaktywnego wapnia, oznaczono radioaktywność tak jak wyżej.

Tablica 8

Średnie plony pow. s.m. pszenicy w g/wazonach z 4 powtórzeń

Lp.	Kombinacje	Pszenica na glebie				Pszenica na piasku				Kultury wodne	
		ziarno	słoma	korzenie	ogółem części nadziemne	ziarno	słoma	korzenie	ogółem	części nadziemne	korzenie
1	W wodzie	20,9	40,8	10,3	61,7	13,2	34,0	10,1	47,2	52,4	4,9
2	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 20 $\mu\text{c}/\text{l}$	20,4	42,3	8,6	62,7	13,3	33,5	9,0	46,8	53,9	5,0
3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	20,1	42,0	9,0	62,1	13,0	33,5	9,0	46,8	53,9	5,0
4	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 50 $\mu\text{c}/\text{l}$	21,6	42,2	10,5	63,6	13,6	34,2	10,2	47,7	57,9	5,3
5	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	20,3	42,1	10,2	62,5	14,0	34,9	10,0	48,9	53,8	5,5
6	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$	20,5	40,9	9,8	61,5	13,5	34,9	9,5	48,5	48,5	4,8
7	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	19,5	41,2	9,1	60,7	13,9	34,8	10,2	48,7	63,1	6,0
Przedział ufności ($P = 0,95$)		1,54	2,09	1,84	2,70	1,08	1,47	1,34	1,60	8,72	1,04

Oznaczenia wykonane w końcu października wynosiły dla kukurydzy:

	Ziarno	Čzęści nadziemne	Korzenie
Przy nasionach moczonych w wodzie	28,9 imp/min/5 g	20,2 imp/min/2,5 g	19,7 imp/min/2,5g
Przy nasionach moczonych w $^{45}\text{CaNO}_3$ 20/ $\mu\text{c}/\text{l}$	32,9 „ „ „	20,0 „ „ „	19,9 „ „ „
Przy nasionach moczonych w 50 $\mu\text{c}/\text{l}$	39,8 „ „ „	20,3 „ „ „	21,4 „ „ „
Przy nasionach moczonych w 100 $\mu\text{c}/\text{l}$	31,9 „ „ „	27,4 „ „ „	45,1 „ „ „

Przy pszenicy radioaktywność oznaczono tylko w ziarnie. Wynosiła ona:

przy nasionach moczonych w wodzie — 27,3

„ „ „ „ 20 $\mu\text{c}/\text{l}$ — 33,1„ „ „ „ 50 $\mu\text{c}/\text{l}$ — 30,6„ „ „ „ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$ — 28,2

Z powyższych danych widzimy, że radioaktywność w plonie kukurydzy i pszenicy jest nieznaczna.

Pszenica — „Ostka Puławska”

Doświadczenie złożono na glebie makowskiej na piasku w wazonach Wagnera o pojemności 8,5 kg oraz w kulturach wodnych w 7-litrowych słojach według schematu podanego w tablicy 8. Jako nawożenie podstawowe użyto na glebie:

N	— 0,75 g/wazon jako NH_4NO_3
P_2O_5	— 0,3 g/wazon jako CaH_2PO_4
K_2O	— 0,5 g/wazon jako K_2SO_4

Wszystkie nawozy dano w roztworze do gleby przed napełnieniem wazonów oprócz azotu, który dano w dwóch dawkach; 0,5 g przed siewem i 0,25 g w okresie strzelania w źdźbło.

Na piasek dano azot, fosfor i potas, identycznie jak na glebie, z tym że azot dano w trzech dawkach: przed napełnieniem wazonów, w okresie krzewienia i w okresie strzelania w źdźbło po 0,25 g. Oprócz tego dano mikroelementy w ilości:

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	— 0,615 g/wazon
H_3BO_3	— 0,1% — 10 ml/wazon
MnSO_4	— 0,1% — 10 ml/wazon
CuSO_4	— 0,01% — 2 ml/wazon
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	— 0,01% — 2 ml/wazon
Molibdenian amonu	— 0,01% — 5 ml/wazon
Cytrynian żelaza	— 1% — 5 ml/wazon

Moczone nasiona wysiano do wazonów 27.IV po 28 nasion na wazon. 30.IV obserwowano początek wschodów na wszystkich kombinacjach, a 2.V pełne wschody na ogół wyrównane. Rośliny zarówno na glebie, jak i na piasku rozwijały się normalnie. W pierwszych dwóch tygodniach nieco lepiej od innych wyglądała kombinacja 20 μc na piasku, ale różnice te zatarły się w późniejszym okresie. Podobnie zachowały się rośliny na kombinacji 100 μc na glebie. 16.V przeprowadzono przerywkę roślin do 15 na wazon. Do końca wegetacji rozwój roślin był normalny, różnic między kombinacjami nie obserwowano. Doświadczenie doprowadzono do pełnej dojrzałości.

KULTURY WODNE

Doświadczenia prowadzono w 7-litrowych słojach na pożywce Brenchley po 9 roślin na wazon. Kultury przewietrzano codziennie, pożywkę zmieniano przeciętnie raz w tygodniu. Rośliny wysiano 27.IV. Początkowy rozwój roślin był normalny. W okresie krzewienia najlepiej wyglądała kombinacja 50 μc . Silnie rozkrzewione rośliny opanował mącznik, wobec czego 27.VI doświadczenie zakończono. Plony ze wszystkich trzech doświadczeń podano w tablicy 8.

Z tablicy widzimy niewielkie różnice na korzyść radioaktywnego wapnia na pszenicy w kulturach wodnych przy dawce 50 μC , różnica ta jednak leży w granicach błędu.

Dawka 100 μC obniżała nieco plon pszenicy, ale różnica też leży w granicach błędu. W kulturach glebowych różnic nie otrzymano.

Peluszka

Doświadczenia przeprowadzono na piasku i na glebie według schematu podanego w tablicy 9. Przygotowanie wazonów, moczenie nasion, siew — identyczne jak przy pszenicy. Nawożenie podstawowe też jak pod pszenicę, z tym że azotu dano 0,1 g/wazon, a potasu 0,4 g/wazon. Moczone nasiona wysiano 27.IV po 20 nasion na wazon, do zbioru zostawiono 15 roślin. 14.V peluszkę na piasku zakażono bakteriami brodawkowymi (10 ml wyciągu z gleby, na której rosła peluszka — 100 g gleby w 0,5 l wody). W czasie okresu wegetacyjnego wszystkie kombinacje były bardzo wyrównane. Różnic między kombinacjami nie zaobserwowano. Rośliny ścięto w okresie kwitnienia. Plony podano w tablicy 9.

Tablica 9

Srednie plony pow. s.m. peluszki w g/wazonach z 4 powtórzeń

Lp.	Kombinacje	Peluszka na glebie		Peluszka na piasku	
		części nadziemne	korzenie	części nadziemne	korzenie
1	W wodzie	49,5	7,9	28,2	4,0
2	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 20 $\mu\text{C}/1$	47,6	7,2	30,1	4,6
3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	48,8	7,2	28,2	4,1
4	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 50 $\mu\text{C}/1$	48,8	6,8	28,9	4,5
5	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	48,2	6,6	27,7	4,3
6	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{C}/1$	46,3	6,6	27,6	4,2
7	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	48,1	6,1	29,0	4,5
Przedział ufności ($P = 0,95$)		4,49	1,47	2,01	0,60

Z liczb podanych w tablicy 9 widzimy, że nie ma działania radioaktywnego wapnia na plon peluszki.

Kukurydza

Z kukurydzą przeprowadzono doświadczenia na glebie i w kulturach wodnych. Sposób zakładania doświadczeń oraz pielęgnacja jak przy innych roślinach. Nawożenie podstawowe na glebie:

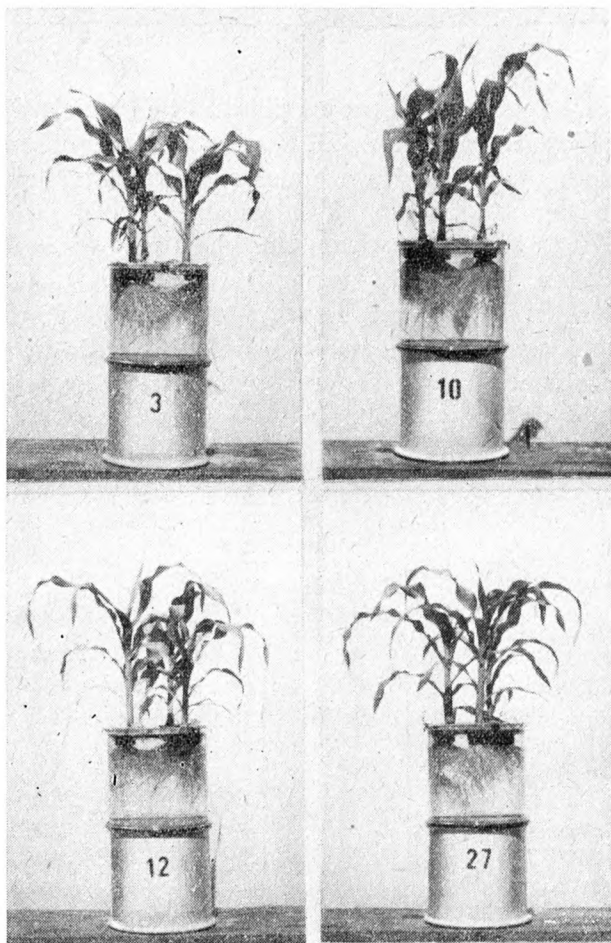
N — 0,5 g/wazon w postaci NH_4NO_3

P_2O_5 — 0,3 g/wazon w postaci $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

K_2O — 0,4 g/wazon w postaci K_2SO_4

Nawozy dano do gleby przed napełnieniem wazonów. Moczone nasiona wysiano do gleby 18.VI w ilości 6 nasion na wazon, do zbioru pozostawiono

trzy rośliny. Rozwój roślin był normalny. Już w pierwszym okresie wegetacji zaznaczyły się duże różnice między kombinacjami. Najlepiej wyglądają rośliny na kombinacji 20 μc , najgorzej na kombinacji 100 μc . W później-



Fot. 6. Kukurydza: nasiona moczone

3 — w wodzie	12 — w $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ z nieradioakt.
10 — w $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 20 $\mu\text{c}/\text{l}$	27 — w $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$

szym okresie wyróżnia się też kombinacja 50 μc . Różnice na korzyść radioaktywnego wapnia przy dawce 20 i 50 μc są stosunkowo duże i utrzymują się przez cały okres wegetacji.

W kulturach wodnych rośliny hodowano w 5-litrowych słojach po 3 rośliny w jednym słoju, na pożywce Brenchley. Doświadczenie założono w połowie kwietnia. Kultury wietrzono codziennie. Pożywkę zmieniano

przeciętnie raz w tygodniu. Kiedy obserwowano początki chlorozy, rośliny dokarmiano żelazem (kąpiel korzeni w 1% cytrynianie żelaza). W pierwszym miesiącu wegetacji rośliny są raczej słabe, różnic między kombinacjami nie obserwowano, ale już w początkach czerwca zaznaczył się wyraźny korzystny wpływ radioaktywności. Najlepiej wyglądają rośliny na kombinacji 20 i 50 μc , co wyraźnie widać na fot. 6 i 7. Różnice te utrzymują się do końca wegetacji tak w części nadziemnej, jak i w korzeniach.

Rośliny doprowadzono do pełnej dojrzałości. Plony podano w tablicy 10.

Tablica 10

Plony pow. s.m. kukurydzy w g/wazonach

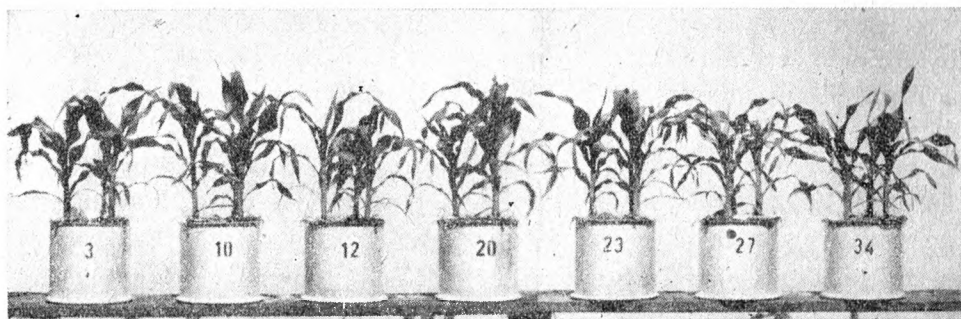
Lp.	Kombinacje	Kukurydza w kulturach wodnych średnie z 5 powtórzeń		Kukurydza na glebie średnie z 4 powtórzeń	
		ziarno	cała roślina	części nadziemne	korzenie
1	W wodzie	74,4 (75,9)	227 (224)	18,2 (17,8)	10,1 (10,3)
2	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 20 $\mu\text{c}/\text{l}$	69,4 (64,6)	223 (230)	20,6 (20,5)	9,4 (9,5)
3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	69,6 (64,6)	227 (230)	15,4 (14,8)	7,7 (7,7)
4	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 50 $\mu\text{c}/\text{l}$	90,0 (87,1)	249 (246)	21,7 (21,4)	9,8 (9,5)
5	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	47,8 (41,7)	223 (214)	17,9 (18,8)	9,8 (9,5)
6	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$	85,9 (81,3)	262 (263)	14,9 (14,8)	9,4 (9,1)
7	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	77,4 (75,9)	232 (230)	18,2 (17,0)	10,6 (10,9)

Tablica 10a

Lp.	Kombinacje	1	2	3	4	5	6	7
1	W wodzie	—	+ 0,07	+ 0,07	- 0,06	+ 0,26	- 0,03	0
2	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 20 $\mu\text{c}/\text{l}$	- 0,07	—	0	- 0,13	+ 0,19	- 0,10	- 0,07
3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	- 0,07	0	—	- 0,13	+ 0,19	- 0,10	- 0,07
4	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 50 $\mu\text{c}/\text{l}$	+ 0,06	+ 0,13	+ 0,13	—	+ 0,32	+ 0,03	+ 0,06
5	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	- 0,26	- 0,13	- 0,13	- 0,32	—	- 0,29	- 0,26
6	$^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$	+ 0,03	+ 0,10	+ 0,10	- 0,03	+ 0,29	—	+ 0,03
7	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt.	0	+ 0,07	+ 0,07	- 0,06	+ 0,26	- 0,03	—

Przedział ufności ($P = 0,95$) 0,20

Jak w poprzednim doświadczeniu z kukurydzą w kulturach wodnych na skutek dużej zmienności osobniczej kukurydzy, ocenę statystyczną doświadczeń przeprowadzono na logarytmach wyników. Obok średnich plonów kukurydzy podano w tablicy 10 w nawiasach średnie z przeliczenia, które są cologarytmami średnich logarytmów. Na podstawie analizy zmien-



Fot. 7. Kukurydza: nasiona moczone

- | | |
|--|---|
| 3 — w wodzie | |
| 10 — w $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 20 $\mu\text{c}/\text{l}$ | 23 — w $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. |
| 12 — w $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. | 27 — w $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 $\mu\text{c}/\text{l}$ |
| 20 — w $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 50 $\mu\text{c}/\text{l}$ | 34 — w $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nieradioakt. |

ności istotną różnicę między kombinacjami znaleziono tylko w przypadku ziarna, gdzie $\frac{F_1}{F_2} = 2,49 > 2,44$. Porównanie różnic dla ziarna w liczbach logarytmicznych podano w tablicy 10a.

Rozpatrując liczby podane w tablicy 10 i 10a widzimy, że jakkolwiek tendencje zwyżkowe w plonie kukurydzy występują we wszystkich kombinacjach z radioaktywnym strontem, oprócz kombinacji 100 μc na glebie, statystycznie udowodniono tylko zwyżkę w plonie ziarna na kombinacji 50 μc . Inne różnice leżą w granicach błędu.

OMOWIENIE WYNIKÓW

Przeprowadzone przez nas w okresie 2-letnim doświadczenia nad wpływem promieniotwórczości na plon roślin nie potwierdziły wyników uzyskanych przez Własiuka. Zaobserwowaliśmy dodatnie działanie radioaktywnego strontu i wapnia tylko w przypadku kukurydzy, szczególnie w kulturach wodnych. Obserwowane przez nas stymulujące działanie wapnia-45 i strontu-90 występowało bardzo wyraźnie na początku okresu wegetacyjnego. Różnice w tym czasie na korzyść radioaktywnego strontu i wapnia są stosunkowo duże, co widać na fot. 3, 4, 5, 6 i 7. W miarę wzrostu roślin różnice te zacierają się i w rezultacie w plonach uzyskiwano tylko niewielkie zwyżki, przeważnie leżące w granicach błędu.

Na innych roślinach nie uzyskaliśmy nawet przemijającego działania radioaktywnego strontu i wapnia nie tylko w kulturach glebowych, ale i w piaskowych.

LITERATURA

- [1] Blume J. — Radiation Effects on Plants Grown in Soil Treated with Fertilizer containing P-32. *Soil Sci.* t. 73, 1952, str. 299—303.
- [2] Blume J., Hagen C., Macke R. — Szkodliwość promieniowania dla roślin rosnących na pożywkach zawierających P-32. Zastosowanie izotopów w badaniach rolniczych, Warszawa 1956, str. 194—206.
- [3] Bould C., Nicholas D. J. D., Thomas W. D. E. — Radiation Effects in Plant Nutrition Experiments with Phosphorus-32. *Nature*, t. 167, 1951, str. 140—142.
- [4] Dion G., Bedford C. F., Arnaud R. J. St., Spinks J. W. T. — Plant Injury from Phosphorus-32, *Nature*, t. 163, 1949, str. 906.
- [5] Doerell E. G. — Radioaktive Substanzen als Duenger und Forschungsmittel im Pflanzenbau. Rzym 22—25.X.1951. II Kongres Chemików Rolnych.
- [6] Drobkowi A. — Biologiczna rola naturalnych pierwiastków radioaktywnych. Zastosowanie izotopów w badaniach rolniczych. Warszawa 1956, str. 167—193.
- [7] Gulakin J. W., Judincewa E. W. — Postuplenije w rastienija radioaktivnych izotopow stroncja, cezja, rutenija i cerja. *Dokł. A.N.* t. 111. 1956, str. 206—208.
- [8] Gulakin J. W., Judincewa E. W. — Postuplenije w rastienija produktow dielienija i ich diejstwije na rastitielnyj organizm. *Inzweist. Tm. Siel. Choz. Ak.* z. 3. 1956, str. 121—142.
- [9] Russell Scott R. and Martin R. P. — Use of Radioactive Phosphorus in Plant Nutritional Studies. *Nature*, t. 163, 1949. str. 71—72.
- [10] Russell Scott R., Adams S. N., Martin R. P. — Radiotition Effects due to Phosphorus-32 im Fertilizer Experiments. *Nature*, t. 164, 1949, str. 993.
- [11] Sokurova E. N. — Diejstwije B-izłuczatielnej na razwitiije azotobaktiera i jego fizjologiczeskiju aktivnosti. *Mikrobiol.*, t. 26, 1957, str. 519—525.
- [12] Sokurova E. N. — Diejstwije B-izłuczatielnej na razwitiije klubienkowych bakterii. *Mikrobiol.*, t. 26, 1957, str. 444—449.
- [13] Stoklasa J. — Bedeutung der Radioaktivität in der Physiologie. Berlin 1914.
- [14] Stoklasa J., Doerell G. — Biophysikalische und biochemische Durchforschung des Bodens. Berlin 1926.
- [15] Tolbert W. E., Pearson B. — Atomic Energy and the Plant Sciences. *Advans. in Agr.* t. 4, 1952, str. 279.
- [16] Własiuk P. A. — Diejstwije jadiernych izłuczenij na rastienija. Sesja A.N. SSSR. Po mirnom ispolzowaniju atomnoj energii. 1955, 1—5, 7.
- [17] Własiuk P. A. — Diejstwije jadiernych izłuczenij na rastienija. Mikroelementy i radioaktivnyje izotopy w pitanii rastienij Kijew 1956.
- [18] Własiuk P. A., Grodziński D. M. — K woprosu o diejstwii jadiernych izłuczenij na rastienija. *Dokł. A.N.* t. 106, z. 3, 1956, str. 562—564.
- [19] Własiuk P. A., Klimowicka Z. M., Kosmatyj E. S. — Diejstwije małych doz jonizirujuszczich izłuczenij na okislitelno-wosstanowitielnyje procesy w rastienijach. *Dokł. A.N.* t. 106, z. 4, 1956, str. 731—734.
- [20] Zeżel J. G. — Wlijanie jestiestwiennych radioaktivnych elementow na urożaj rastienij. Sesja A.N. SSSR. Po mirnom ispolzowaniju atomnoj energii 1—5.VII.1955.

М. ГУРСКИ и А. ОСТРОВСКА

О ДЕЙСТВИИ НАМАЧИВАНИЯ СЕМЯН В РАСТВОРАХ СОЛЕЙ
РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ: КАЛЬЦИЯ (^{45}Ca)
И СТРОНЦИЯ (^{90}Sr) НА УРОЖАЙ РАСТЕНИЙ

Кафедра агрономической химии Варшавской Высшей
Сельскохозяйственной Школы

Резюме

В течении двух лет было проведено исследование по влиянию намачивания семян в растворах солей радиоактивных элементов стронция $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ и кальция $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ на урожай растений. Опыты проведено в водных, почвенных и песчаных культурах с викой, пелюшкой, пшеницей, люпином и кукурузой. Семена отдельных видов растений намачивались в течении 24 часов в растворах нитратов радиоактивных кальция и стронция при возрастающей радиоактивности 20, 50, 100, 200 и 300 $\mu\text{c}^{\prime\prime}$ /литр раствора в соответствующем содержании нерадиоактивных солей этих элементов, считая один литр раствора на один килограмм семян.

Незначительное повышение урожая вследствие намачивания семян в радиоактивных растворах было получено при водных культурах кукурузы. В песчаных культурах стимулирующее действие проявилось лишь однократно. При прочих опытах не было вовсе обнаружено положительное влияние радиоактивности.

M. GÓRSKI, A. OSTROWSKA

INFLUENCE OF SEED-SOAKING IN RADIOACTIVE CALCIUM (^{45}Ca)
AND STRONTIUM (^{90}Sr) SALTS ON PLANT CROPS

Dept of Agro-Chemistry of College of Agriculture and Institute of Soil Science and
Cultivation of Plant

Summary

Investigations were conducted over a period of 2 years into the effect of seedsoaking in radioactive salts of strontium — $^{90}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ and calcium — $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ on yields of various plants i.e. vetch, pea (var. Peluszkka, sand

pea), oats, lupine, maize. The experiments were conducted on water, soil and sand cultures. The seeds were soaked during 24 hours in radioactive calcium nitrate and strontium nitrate solutions of rising activities: 20, 50, 100, 200 and 300 $\mu\text{c/l}$ solution and in a corresponding quantity of non-radioactive salts of the above elements, using 1 litre of solution per kg of seeds.

Seed-soaking in radioactive solutions gave only slightly increased yield of maize on water cultures; on soil cultures a stimulating activity of the solutions was observed in one case only. In all other experiments no positive influence of radioactivity was noted.

