

MARIANNA SKALSKA

## BIOLOGIA ZIEMNIAKÓW INDUKOWANYCH PROMIENIOWANIEM JONIZUJĄCYM

Rozwój nukleoniki stwarza realne możliwości wykorzystania jej w różnych dziedzinach nauk przyrodniczych, a między innymi w rolnictwie. Od czasu wykrycia promieniowania jonizującego podejmowane są próby zmierzające do podnoszenia plonów przy zastosowaniu promieniotwórczości. Promieniowanie jonizujące może stymulować wzrost i rozwój roślin uprawnych oraz stwarza realne możliwości otrzymania nowych form o korzystnych cechach gospodarczych.

Do celów hodowlanych stosuje się napromienianie bulw, nasion i całych roślin w różnych etapach ontogenezy. Próbowano również wykorzystać promieniowanie jonizujące w przechowalnictwie ziemniaków. Sawyer, Dallyns (1945) donoszą, że napromienienie bulw ziemniaków dawką 10 000 R zapobiegało kiełkowaniu przy przechowywaniu bulw w temperaturze  $+21^{\circ}\text{C}$  przez okres 10 miesięcy. Według Schreiber, Highlandesa (1958) promieniowanie jonizujące jest dobrym środkiem zabezpieczającym bulwy przed kiełkowaniem, większe dawki jednak powodują gnicie bulw.

Badania prowadzone przez Kubickiego (1961) wskazują, że bulwy poddane napromienianiu w okresie swego naturalnego spoczynku i przechowywane w temperaturze od  $+3^{\circ}\text{C}$  do  $+5^{\circ}\text{C}$  posiadają dwa okresy intensywnego gromadzenia cukrów (pierwszy od trzeciej dekady października do pierwszej dekady stycznia, drugi od pierwszej dekady lutego do trzeciej dekady marca) i dwa okresy ich obniżania (od pierwszej dekady stycznia do pierwszej dekady lutego i od trzeciej dekady marca do pierwszej dekady lipca). Jeżeli zostanie podwyższona temperatura w miejscu przechowywania bulw do  $+15^{\circ}\text{C}$ , to szybkość obniżania się cukrów redukujących w bulwach napromienionych jest dwa razy większa niż przy temperaturze od  $+3^{\circ}\text{C}$  do  $+5^{\circ}\text{C}$ . W bulwach przechowywanych w temperaturze  $+7^{\circ}\text{C}$ ,  $+10^{\circ}\text{C}$ ,  $+16^{\circ}\text{C}$  bezpośrednio po napromienieniu okres wzrostu zawartości cukrów redukujących trwa tylko 5 dni, po tym okresie zawartość cukrów zmniejsza się i po 25 dniach

osiąga poziom cukrów w bulwach kontrolnych. Gdy bulwy poddano napromienieniu w okresie ich kiełkowania (trzecia dekada marca), wówczas występuje jeden okres gromadzenia cukrów, który trwa około jednego miesiąca, po czym następuje trwałe obniżanie się zawartości cukrów w bulwach. Dla odmiany wczesnej najodpowiedniejsza okazała się dawka 5000 R, a dla późnej 10 000 R. Przy tych dawkach uzyskiwano najmniejsze ubytki w ciężarze bulw, suchej masy i skrobi oraz całkowite zahamowanie kiełkowania.

Zastosowanie promieniowania gamma wywiera różny wpływ na gnicie bulw. Beracha (1959) badał wpływ promieniowania gamma na gnicie bulw ziemniaka. W tym celu bulwy średniej wielkości przed napromienieniem przechowywano przez kilka dni w temperaturze  $+20^{\circ}\text{C}$ . Bulwy szczepiono chorobami, a następnie przez około 6 godzin przetrzymywano w pomieszczeniu o dużej wilgotności w temperaturze  $+20^{\circ}\text{C}$ , po czym umieszczano je przez 14 godzin w temperaturze od  $+38^{\circ}$  do  $+41^{\circ}\text{C}$ . W ten sposób porażono bulwy zarazą ziemniaczaną i bakteriami (*Erwinia carotovora*). Dawki promieniowania rzędu: 17, 400, 477, 700 R zapobiegały gniciu bulw ziemniaków porażonych *E. carotovora*. Wyższe dawki promieniowania powodowały silne zewnętrzne i wewnętrzne zmiany w zabarwieniu bulw, przy czym bulwy stawały się miękkie.

Według danych Muchine, Salkowej (1964) Wagoner nie zauważył zmian odporności ziemniaków pod wpływem napromieniania na bakterie *E. carotovora* i *E. atroseptica* oraz na grzyby *Fusarium oxysporum*. Muchin, Salkowa (1964) podają stwierdzenia Brownella, że promieniowanie gamma zmniejsza rozprzestrzenianie bakteriozy pierścieniowej (*Bacterium sepedonicum*) w czasie przechowywania bulw. Według badań Heiligmanna (1964) napromienianie bulw promieniami jonizującymi zwiększa podatność ich na gnicie.

Hooker (1959) badał wrażliwość bulw ziemniaków na zgniliznę przechowalniczą pod wpływem napromieniania promieniami gamma. Bulwy napromieniano kobaltem  $\text{Co-60}$ , następnie obserwowano ich gnicie podczas przechowywania. Dawka napromieniania wynosiła 500 kilorep promieniowania gamma. Po napromienieniu część bulw przechowywano w temperaturze około  $+20^{\circ}\text{C}$ , część w temperaturze od  $+1^{\circ}$  do  $+4^{\circ}\text{C}$ . W innym doświadczeniu bulwy napromieniano dawkami: 0,5; 15; 45; 135 kilorep. Przed napromienieniem bulwy przechowywano w temperaturze około  $+20^{\circ}\text{C}$  przez kilka dni. Każda z napromienionych grup zawierała następujące kombinacje: 1) kontrola, bulwy nie skałeczone i nie zarażone, 2) bulwy skałeczone ale nie zarażone, 3) bulwy skałeczone i zarażone mokrą zgnilizną (*E. carotovora*), 4) bulwy skałeczone i porażone suchą zgnilizną (*Fusarium sambucinum*). Stwierdzono, że napromienienie nie zmniejszało ilości zgniłych bulw a przeciwnie, przy dawce 500 kilorep wszystkie bulwy gniły już po 40 dniach. W innych grupach procent zgniłych bulw zmniejszał się wraz ze zmniejszeniem dawki promieniowania.

Prispevek (1950) prowadząc obserwacje nad rakiem ziemniaczanym pod wpływem napromieniania wykazał, że wysokie dawki promieni gamma działają stymulująco na rozwój raka ziemniaczanego.

Badania odporności bulw ziemniaka na fitopatogenne mikroorganizmy pod wpływem napromieniania promieniami jonizującymi prowadzili Muchin, Salkowa (1964). Autorzy ci stwierdzają, że stopień porażenia bulw przez mikroorganizmy w znacznej mierze zależy od wielkości dawki i od odmiany napromienionych bulw. Według badań Muchina, Salkowej (1964) wynika, że napromienione bulwy były silniej porażone *Phytophthora*. Stopień porażenia wzrastał w prostej zależności od dawki napromieniania. *Phytophthora infestans* de Bary jest jedną z najgroźniejszych chorób ziemniaków. Choroba ta powoduje porażenie i obumieranie nadziemnych pędów roślin, co powoduje zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej, a tym samym niżkę plonów. Porażenie bulw powoduje ich gnicie na skutek przedostawania się do nich różnych bakterii gnilnych, które wywołują mokrą zgniliznę. U odmian wczesnych pojawia się na liściach w końcu lipca, a u późnych w drugiej połowie sierpnia. Rośliny porażone fytoftorą mają nieregularne brunatne plamy. Na spodniej stronie liścia widoczny jest biały nalot na brzegach tych plam. Są to trzonki konidialne grzyba z zarodnikami, które roznoszone są przez wiatr. Na bulwach tworzą się wgłębione szarobrunatne plamy. Sama zaraza nie powoduje gnicia, lecz jest jakby bramą wejściową dla różnych bakterii, które wywołują gnicie. Zależność między dawką zastosowanego promieniowania a porażeniem mikroorganizmami wyrażonym w procentach jest następująca:

Dawka promieniowania jonizującego w R	procent porażenia bulw mikroorganizmami
3000	10,5
5000	15,6
8000	26,3
10000	23,7
50000	32,2
100000	47,9
300000	85,9
kontrola	9,1

Źródło: wg Muchina, Salkowej (1964)

Analizy fitopatologiczne pozwoliły ustalić autorom, że podstawowa ilość chorych bulw była porażona grzybami *Fusarium* sp. Zwiększoną wrażliwość na zakażenia autorzy starają się tłumaczyć przemianami węglowodanów. Węglowodany stanowią materiał dla syntezy i procesów oddychania. W związku z tym niektóre formy węglowodanów mogą być substratem dla fitopatogennej mikroflory. Po napromienieniu zachodzą zmiany prowadzące do rozpadu skrobi i gromadzenia cukrów. Fosforoliza zwiększa się po napromienieniu. Obserwacje czynione przez trzy sezony przechowywania wskazują, że efekt napromienienia znika po dwóch miesiącach, rozszczepienie skrobi następuje w dalszym ciągu. Zjawisko to związane jest przypuszczalnie ze zwiększeniem aktywności enzymów syntetyzujących skrobię jak i z aktyw-

nością enzymów hydrolitycznych. Według tych autorów Muchine, Salkowej (1964) obie grupy enzymów wymagają dalszych badań. Nagromadzenie sacharozy w napromienionych bulwach koreluje z rozpadem skrobi. Rozpad skrobi i gromadzenie cukrów zwiększa się przy większych dawkach napromieniania. Zwiększenie zawartości cukrów może zwiększać wrażliwość na *Phytophthora* i *Fusarium* sp. Muchin, Salkowa (1964) zaznaczają, że obniżona odporność ziemniaków nie jest wynikiem gromadzenia cukrów, lecz rezultatem naruszenia równowagi w procesach przemiany. Napromienienie wywołuje bowiem zmiany w procesach oddychania. Oddychanie (nie zarażonych ziemniaków) wzrasta w pierwszych dniach po napromienieniu a potem wraca do poziomu wyjściowego. Stopień aktywowania oddychania w przedziale 1000—40000 R wzrasta ze zwiększeniem dawki. Odwrotnie, promieniowanie wpływa na oddychanie oczek bulw. Oddychanie oczek bulw obniża się po napromienieniu. Promieniowanie wpływa na fizyczno-chemiczne właściwości protoplazmy a szczególnie na zdolność zatrzymywania wody przez koloidy komórkowe. Ilość wody związanej zwiększa się, a swobodnej zmniejsza, w związku z tym zmniejsza się stopień pęcznienia koloidów. Ustalono, że wrażliwość na choroby infekcyjne napromienionych bulw ziemniaków wzrasta proporcjonalnie do dawki napromienienia i stopnia uszkodzenia bulwy. Autorzy ci wnioskuje, że dla uniknięcia ujemnych skutków napromienienia na bulwy należy stosować niskie dawki promieniowania jonizującego i różnicować w zależności od wrażliwości bulw oraz sposobów i terminów napromieniania.

Schwimmer, Weston, Makower (1958) stwierdzili zmiany biochemiczne w napromienionych bulwach. Zmiany dotyczyły wzrostu zawartości cukrów zwłaszcza sacharozy, fosforu nieorganicznego, kwasów nukleinowych, aktywności dehydrogenaz kwasu mlekowego, oksydazy polifenolowej. W napromienionych bulwach obniżała się ilość białek. Ilość kwasu askorbinowego wzrastała bezpośrednio po napromienieniu, ale po jednym dniu obniżała się do poziomu kontroli.

Salkowa i Korablewa (1958) badając zmiany fizjologiczno-morfologiczne w oczkach bulw ziemniaka pod wpływem napromieniania wskazują, że stożki wzrostu bulw pozostają żywe po napromienieniu dawką 50 000 R. Oczka bulw ziemniaków reagują na napromienienie zmianami w intensywności oddychania, przy czym stopień reakcji zależy od dawki promieniowania. Doświadczenie wskazuje, że napromienienie dawkami 2000 i 5000 R hamuje kiełkowanie bulw. Przy dawkach 10 000—20 000 R oddychanie obniża się o 10—15%, a podwyższanie dawek napromieniania prowadzi za sobą progresywne obniżenie oddychania. Dawka 160000 R powoduje zmniejszenie oddychania oczek o połowę w porównaniu z kontrolą. Jednorazowe oznaczenie oddychania napromienionych bulw wskazuje, że poziom oddychania wzrasta w przeciągu 2—5 dni po napromienieniu, potem stopniowo obniża się i w przeciągu 30 dni wraca do stanu początkowego. O ile oczka znajdują się na nieznacznej części bulwy wówczas obniżenie ich oddychania po napromienieniu jest inne niż na pozostałej części bulwy. Na napromienianie są wrażliwe merystematyczne tkanki oczek. Na początku po napromienieniu nie zauważono zmian w aktywności

ności enzymów metodami cytochemicznymi, Salkowa, Korablewa (1958). Różnice w aktywności enzymów widoczne są po dłuższym czasie od napromienienia. Cytochemiczne różnice w aktywności enzymów otrzymano w miesiąc po napromienieniu. W oczkach bulw kontrolnych następuje szybkie wytwarzanie zawiązków liści i zwiększenie objętości pączka, w napromienionych następuje wzrost zawiązków liściowych wytworzonych przed napromienieniem. Rozmiary napromienionego oczka powiększają się w wyniku ich dzielenia się. Nagromadzone różnice w aktywności enzymów uwarunkowane są fizjologicznym położeniem oczek.

Jednym z czynników wpływających na koniec spoczynku jest zakwaszenie kolooidów protoplazmy. Przy napromienieniu następuje alkalizacja kolooidów białkowych. Punkt izoelektryczny przemieszcza się w kierunku kwaśnym. Największe przesunięcie nastąpiło przy dawce 10 000 R. Różnice w położeniu punktu izoelektrycznego u bulw kontrolnych i napromienionych powstawały w przeciągu dłuższego czasu. Z przesunięciem punktu izoelektrycznego wiąże się zmiana pH wewnątrz komórki. Po napromienieniu pH oczek bulw podwyższa się. Zmiany fizykochemiczne właściwości protoplazmy w oczkach napromienionych bulw odbywają się w takiej samej kolejności jak i bulw kontrolnych. Okazuje się, że napromienione oczka bulw pozostają żywe i w mniejszym lub większym stopniu posiadają możliwość wzrostu. Napromienienie prowadzi do szeregu zmian w tkankach merystematycznych bulwy. Zmiany fizykochemiczne i procesy utleniające nie wyjaśniają jednak całego złożonego problemu napromieniania na tkanki merystematyczne. Niektórzy autorzy, Salkowa, Korablewa (1958) przypuszczają, że ważną rolę odgrywają również zmiany w kwasach nukleinowych u napromienionych bulw.

Greczusznikow, Sieriebriennikow (1966) badali wpływ promieniowania gamma na fizjologiczno-biochemiczne procesy i plon bulw. Badano wpływ długotrwałego napromieniania promieniami gamma na rosnące ziemniaki, umieszczając źródło promieniowania bezpośrednio w polu. Stosowano różne dawki promieniowania. Przy napromienieniu niskimi dawkami obserwowano stymulowanie intensywności fotosyntezy i odpływ węglowodanów, natomiast przy wysokich stwierdzono hamujący wpływ promieniowania co znajdowało odbicie w plonowaniu.

Według badań Sieriebriennikowa (1965) napromienianie bulw wywiera istotny wpływ na rośliny. Duże dawki promieniowania gamma hamują wzrost i rozwój roślin, natomiast niskie działają stymulująco. Bulwy ziemniaków napromieniono przed wysadzeniem w polu. Fenologiczne obserwacje wzrostu i rozwoju wskazują, że dawki promieniowania gamma rzędu 5000—8000 R zabijają kiełki bulw. Bulwy napromienione tymi dawkami nie wschodziły. Przy dawce 3000 R opóźnienie wschodów wynosiło 13—15 dni w porównaniu do kontroli. W późniejszych fazach rozwojowych różnice jeszcze bardziej się uwidaczniały. Dawka promieniowania 300 R powodowała przyspieszenie wschodów roślin o 5 dni w stosunku do kontroli. Po wschodach przy dawce 300 R nie zaobserwowano widocznych zmian morfologicznych. Rośliny wyrosłe z bulw napromienionych dawkami 300—500 R rosły i rozwijały się szybciej niż kontrolne. Butonizacja i kwitnienie rozpoczynały się

7—8 dni wcześniej. Dawki 300—500 R stymulują kiełkowanie oczek śpiących, a dawki rzędu 1000—3000 R hamowały ich wzrost. Sieriebriennikow (1965) obserwował zwiększoną skrobię u bulw napromienionych niskimi dawkami porównując do kontroli. Jeżeli bulwy przed napromienieniem, (Łurje, Prokofiew, Sieriebriennikow (1966) trzymane w temperaturze 12—16°C w ciągu 7 dni, wtedy przy dawkach 150—300 R nie obserwowano zjawiska stymulacji, ale hamowanie wzrostu i rozwoju roślin. Gdy bulwy przed napromienieniem trzymane w warunkach optymalnych przechowywania, w których nie obserwowano intensywnego kiełkowania, to podwyższenie temperatury po napromienieniu +16 do +18°C stymulowało wzrost i rozwój roślin wyrosłych z napromienionych bulw 150—500 R.

Stwierdzono zwiększenie zawartości witaminy C pod wpływem napromienienia dawkami stymulującymi wzrost. W niektórych wypadkach obserwowano równocześnie zwiększenie zawartości białka, Awakian, Gukasjan, Sisakian, Awakian (1966).

Celem stwierdzenia wrażliwości bulw na napromienianie w zależności od ich stanu fizjologicznego Sieriebriennikow, Kirjuchin (1968), przeprowadzili doświadczenie z bulwami jaryzowanymi i niejaryzowanymi na świetle w ciągu 40 dni. Dla bulw jaryzowanych stosowano dawki promieniowania: 25, 50, 300 i 500 radów, a dla niejaryzowanych 50, 300, i 1000 radów.

Zwiększony plon otrzymano przy jaryzowanych i napromienionych dawką 50 radów. Optymalna dawka dla bulw niejaryzowanych wynosiła 300 R i zwiększa plonów stanowiła 18% w porównaniu do kontroli. Napromienienie powodowało zwiększoną skrobię, witaminy C oraz suchej masy. Inne dawki obniżały stymulujący efekt napromieniania.

Wielu autorów zaleca stosowanie napromieniania bulw ziemniaków przed sadzeniem jako sposobu podwyższania plonów. Stymulujący wpływ napromieniania na plonowanie nie daje się jednak potwierdzić w warunkach polowych, które są zmienne i nieokreślone. Korzyści płynące z zastosowania przedsięwziętego napromieniania bulw pozostają w dalszym ciągu zagadnieniem dyskusyjnym.

Skutki biologiczne promieniowania jonizującego interesują badaczy różnych specjalności. W organizmach wielokomórkowych analiza cech potomstwa pozwala jedynie na stwierdzenie zmian komórek generatywnych (tzw. mutacje genetyczne). Jednocześnie narastało zainteresowanie dziedzicznymi zmianami aparatu genetycznego komórek somatycznych. Zmiany dziedziczne komórek somatycznych wywołane przez promieniowanie budzą zainteresowanie głównie z tego względu, że do chwili obecnej nie wykluczono możliwości, że tak zwane „mutacje spontaniczne“ są w gruncie rzeczy „mutacjami radiacyjnymi“. Z badaniami tych zmian zaczęto wiązać nadzieje na wyjaśnienie niektórych zjawisk biologicznych, jak np.: powstawanie nowotworów. Szersze perspektywy przed badaniem mutacji somatycznych otworzyło opracowanie prostych metod hodowli komórek roślinnych i zwierzęcych *in vitro* oraz sposobów hodowania całych roślin z komórek somatycznych.



Bulwa ziemniaczana jest dogodnym obiektem do badań promieniotwórczego jonizującego, gdyż stanowi zamknięty układ biologiczny o odciętym dopływie i odpływie metabolitów, o wysokim stopniu uwodnienia tkanki i biochemicznie wystarczająco rozpoznany.

Układ tkanek w pączkach bulwy jest warstwowy, można wyróżnić trzy warstwy komórek licząc od warstwy zewnętrznej, czasami wyróżnia się warstwę czwartą. Warstwa  $L_I$  — dermatogen, daje początek komórkom skórki,  $L_{II}$  — peryblem, daje początek komórkom subepidermalnym,  $L_{III}$  — plerom, wszystkim komórkom leżącym głębiej. Warstwy  $L_I$  i  $L_{II}$  są jednokomórkowe pod względem grubości. Tkanka sporogenna tworzy się wyłącznie z warstwy  $L_{II}$  czyli peryblemu.

Klopfer (1965) badał budowę wierzchołka wzrostu (oczka) ziemniaka, przeprowadzając oznaczenia histologiczne różnych roślin o charakterze chimer z przemieszczaniem i włączaniem ich części. Wszędzie znaleziono potwierdzenie istnienia trzech niezależnych warstw, z których dwie pierwsze ulegają podziałom antyklinalnym, a trzecia dzieli się we wszystkich kierunkach.

Napromienianie kielków powoduje duży odsetek rozwarstwień i przemieszczeń tkanek. Powstają przy tym nowe chimery w regenerowanych z nowych oczek pędach. U roślin rozmnażanych wegetatywnie często spotykamy chimery periklinalne, przy czym możemy poznać skład genetyczny warstwy  $L_{II}$ , gdyż z niej tworzą się komórki rozrodcze.

Zniszczenie w stożku wzrostu komórek inicjalnych warstwy  $L_I$  spowoduje zastąpienie ich komórkami warstwy  $L_{II}$ . Zjawisko to może być wykorzystane w hodowli roślin celem ujawnienia składu genetycznego pozostałych warstw nie tylko warstwy  $L_{II}$ .

Mutacje indukowane ujawniają się przeważnie w postaci chimer periklinalnych, które można wykorzystać w hodowli drogą rozmnażania zmutowanych tkanek, Klopfer (1965). Większość mutacji dotyczy mniej znaczących cech. Zmiany dotyczą zabarwienia liści, korony kwiatowej, zrastania się łodyg. Są to na ogół zmiany nie dziedziczone, Heiken (1961).

Wohrmann (1963) badając wpływ napromienionego pyłku promieniami jonizującymi na udział dihaploidalnych siewek w potomstwie krzyżówek *Solanum tuberosum* L. x *S. phureja* (krzyżówki *S. phureja*  $2 \times$  o pyłku napromieniowanym różnymi dawkami promieni), wykazał, że przy zwiększeniu dawki napromienienia zmniejsza się ilość osadzanych owoców, ilość nasion, zdolność ich kiełkowania i zdolność do życia potomstwa. Nie widać natomiast istotnych zmian w niewielkiej ilości dihaploidalnych roślin, które powstają pod wpływem zaburzeń w mejozie.

Biochemiczne podłoże radiacyjnych zmian jest mało znane, gdyż nieliczne są przejawy zakłóceń biochemicznych, uchwytne są wyłącznie zmiany cytologiczne, głównie mitotyczne.

Bulwa ziemniaka stanowi w wielu krajach podstawowy produkt w żywieniu człowieka i zwierząt oraz ważny surowiec w różnych gałęziach przemysłu rolnego.

Wzrastające potrzeby produkcyjne powodują konieczność ciągłego i wszechstronnego ulepszania uprawy i hodowli ziemniaków.

Odmiany ziemniaków są heterozygotycznymi klonami, które trudno ulepszać przez krzyżowanie i wybór rekombinantów w dalszych pokoleniach. Poznanie mechanizmu radiobiologicznego wpływa na nasiona i bulwy przed wysadzeniem, może okazać się użyteczne szczególnie w zastosowaniu do roślin rozmnażanych wegetatywnie.

#### LITERATURA

- Awakian W. A., Gukasjan A., Sisakian I. Sz., Awakian S. O., 1966. Radiobiol. 3, 6, 1—128.
- Beracha L., 1959. Amer. Potato J. 36, 9, 333—338.
- Greczuszniok A. J., Sieriebriennikow W. S., Radiobiol. 1966. 3, 6, 3, 474—477.
- Heiken A., 1961. Hereditas, 47, 606—614.
- Hooker W. J., 1959. Amer. Potato J. 36, 5, 162—171.
- Klopfer F., 1965. Der Züchter 35, 201—214.
- Klopfer K., 1965. Z. Pflanzenzücht 53, 1, 67—87.
- Kubicki K., 1961. Post. Nauk Rol. 8, 2, 13—40.
- Łurje P. S., Prokofiew N. S., Sieriebriennikow W. S., 1966. Radiobiol. 3, 6, 5, 741—743.
- Muchin E. N., Salkowa E. G., 1964. Izv. Akad. Nauk. SSRR. Sier. biol. 1, 137—142.
- Prispevek K., 1950. Sb. Akad. Zemed Ved. Rostl. Vyr. 32, 3, 395—400.
- Salkowa Je. G., Korablewa N. P., 1958. Dokl. Akad. Nauk SSRR 6, 1097—1100.
- Sawyer R. L., Dallyn S. L., 1965. Amer. Potato J. 32, 4, 141.
- Schreiber I. S., Higlandes M. E., 1958. Food Research 23, 5, 464—472.
- Schwimmer S., Weston W. J., Makower R. U., 1958. Arch. of Biochem. Biophys. 75, 2, 425—434.
- Sieriebriennikow W. S., 1965. Siel. i Siem. 2, 39—40.
- Sieriebriennikow W. S., Kirjuchin, 1968. Wiest. Siel. Choz. Nauki 13, 6, 82—85.
- Wohrmann K., 1963. Z. Pflanzenzücht, 50, 132—139.