Działanie niektórych fitoncydów na protoplazmę

Influence de phytoncides sur le protoplasme

BOHDAN RODKIEWICZ

Zakład Anatomii i Cytologii Roślin i Zakład Fizjologii Roślin i Mikrobiologii
U. Ł. Łódź.

(Wpłynęło dn. 15.VII.1953)

Lotne substancje wydobywające się z roztartych tkanek, oraz „sok“ szeregu roślin wywołuje w żywej protoplazmie głębokie zmiany. Przy odpowiednio długim działaniu następuje śmierć organizmu. Tokin (1951), Dubrowa (1950), Walker (1923), Kowalenok (1943), Keck, Hoffmann-Ostenhof i i. (1951 a, b), Guzowska, Orzechowska i Kunicki-Goldfinger (1952) opisują zaburzenia, jakim ulegają struktury wielu organizmów należących do pierwotniaków, grzybów i roślin wyższych. Zdezorganizowana zostaje treść komórki, a część zawartości w niektórych wypadkach wylewa się na zewnątrz, tworząc charakterystyczne pęcherzyki. Vinokurov (1947) i Zymona (1952) przypuszczają, że działanie fitoncydów czosnku polega na zablokowaniu czynności niektórych enzymów oddechowych. Moje obserwacje dotyczą zmian wywoływanych w protoplazmie śluzowców i w korzonkach cebuli przez lotne oraz płynne substancje otrzymywane z cebuli i czosnku.

Za cenne wskazówki i pomocną krytykę uprzejmie dziękuję prof. dr A. Wałek-Czerneckiej, prof. dr F. Skupieńskiemu i prof. dr W. Moycho.

METODY I MATERIAŁ

W celu uzyskania materiału do doświadczeń hodowałem śluzowiec *Didymium nigripes* na pożywce agarowej z brzeczką. Dla otrzymania plazmodiów bez owocowania używałem brzeczki 5⁰ Bx. Na takiej pożywce rozwija się duże plazmodium, później tworzą się skleroty, natomiast owocniki powstają tylko wyjątkowo. (Potwierdza to obserwacje A. Skupieńskiego 1953). Następnie skleroty lub plazmodia przenosiłem na czysty agar, w celu pozbycia się przynajmniej części towarzyszących im

mikroorganizmów. Części rozwiniętego na czystym agarze plazmodium kładłem do kropli wody na szkiełku przykrywkowym. Tutaj śluzowiec rozprzestrzeniał się cienką warstwą i mógł być obserwowany pod silnym powiększeniem zarówno przyżyciowo jak i po utrwaleniu i zabarwieniu. Do doświadczeń brałem 1—3 centymetrowe korzonki cebuli korzeniacej się w wodzie. Plazmodia i korzonki poddawałem działaniu lotnych i płynnych fitoncydów otrzymanych przez roztarcie tkanek cebuli lub czosnku. Materiał utrwaląłem metodą Fleming-Beneda, Navaszina i Regaud. Barwiłem hematoksyliną żelazistą i zielenią jasną, przeprowadzałem reakcję Feulgena oraz barwienie tłuszczów siarczanem błękitu nilowego, Sudanem czarnym i plazmalną reakcją Feulgena. Przed barwieniem tłuszczów utrwaląłem plazmodia w obojętnej formalinie, a przed reakcją plazmalną w sublimacie. Korzonki krajałem mikrotomem na skrawki o grubości 8 mikronów, często po reakcji Feulgena robiłem preparaty gniecione.

DOŚWIADCZENIA ZE ŚLUZOWCEM

W poprzedniej notatce (R o d k i e w i c z 1953) stwierdziłem, że w różnych fazach rozwoju śluzowiec *Didymium nigripes* nie jest jednakowo wrażliwy na fitoncydy cebuli. Najbardziej czułe okazały się pływki, ameby i plazmodia, które reagowały na bardzo drobne ilości fitoncydów wydzielanych przez nieuszkodzony korzonek cebuli. Teraz znów obserwowałem, że aktywne stadia rozwojowe śluzowca podlegają łatwo działaniu fitoncydów, przy czym pod wpływem małych dawek następuje zacystowanie się organizmu, przy większych natychmiastowa śmierć. Dla wywołania zacystowania się śluzowca wystarczą ślady soku cebuli bądź czosnku. Kropla soku którejs z tych roślin wprowadzona do kamery wilgotnej wydziela lotne fitoncydy. Działają one na plazmodium przyklejone do szkiełka przykrywkowego, które stanowi górną ściankę komory. Pod ich wpływem plazmodium rozpoczyna się energicznie kurczyć, następnie ustaje zarówno ten ruch jak i ruchy wewnątrz protoplazmy. Na znieruchomiałym plazmodium ukazują się pęcherzyki. Niektóre z nich powstają jednak przed ustaniem ruchu. Jeżeli uchwycić odpowiedni moment i usunąć źródło fitoncydów, to zmiany wywołane przez fitoncydy zanikają. Przy użyciu paru kropel soku plazmodium zostaje zabite, prądy cytoplazmy są zahamowane niemal natychmiast, po czym ukazują się, tak jak poprzednio, pęcherzyki (rys. 1). Pojawienie się ich jest dość gwałtowne. Część protoplazmy nagle uwypukla się tworząc wzniesienia na powierzchni plazmodium. Przypomina to powstawanie normalnych wypustek przy ruchu plazmodium. Odbywa się jednak znacznie szybciej i nie wiąże się z określonym kierunkiem. Później pęcherzyk może się jeszcze powiększyć i często odrywa się całkowicie od plazmodium, przyjmując kulisty kształt. Z początku zawartość pęcherzyka jest zupełnie homogen-

na, barwi się hematoksyliną lub zielenią jasną tak jak cytoplazma plazmodium. Później dostrzega się w nim niektóre morfotyczne składniki protoplazmy.

Protoplazma śluzowca jest bardzo bogata w różnego rodzaju ziarnistości m. in. można tam wyróżnić zależnie od barwienia rozmaite rodzaje utworów tłuszczowych. W celu uwidocznienia ich przeprowadzałem plazmalną reakcję Feulgena, która wg V e r n e (1929) i M a r c h l e w s k i e g o (1947) jest specyficzną dla związków typu aldehydotłuszczów. Ilość tych substancji jest w plazmodium bardzo znaczna. Po wyjęciu preparatu z odczynnika Schiffa makroskopowo widać silne fioletowe zabarwienie. W cytoplazmie oglądanej przez mikroskop znajdują się grudki aldehydotłuszczów; często nieregularne, różnej wielkości od drobnych do dużych o średnicy kilku mikronów. Niektóre ściśle przylegają do jąder. Wg L a n g e r o n a (1949) siarczanem błękitu Nilu barwią się na błękitno kwasy tłuszczowe, specyficzność tego odczynnika jest jednak dyskutowana. W plazmodium potraktowanym błękitem uwidoczniają się duże kuliste lub owalne krople o średnicy dochodzącej do kilkunastu mikronów, prócz tego występują nieliczne małe kropelki. Wreszcie po barwieniu Sudanem czarnym występują tłuszcze w postaci ogromnej ilości drobnych kroperek, przeważnie mniejszych od mikrona. Dziwnym się wydaje, że A n d r e s e n i P o l l o c k (1952) nie wykryli żadnych tłuszczów w plazmodiach *Physarum polycephalum*. Pęcherzyki powstałe na plazmodium pod wpływem fitoncydów posiadają inny skład, odnośnie tłuszczów niż cytoplazma. Nie występują w nich aldehydotłuszcze reagujące z odczynnikiem Schiffa. W rezultacie pęcherzyk pozostaje berbarwny i odcina się wyraźnie od fioletowej masy reszty protoplazmy. Tłuszcze barwiące się Sudanem czarnym spotyka się w większych pęcherzykach w postaci drobnnych kroperek, natomiast w mniejszych zupełnie ich brak. Świadczy to o tym, że wchodzi one w skład pęcherzyka nie od razu przy jego tworzeniu się, a raczej później. Przy barwieniu siarczanem błękitu Nilu pęcherzyki przybierają kolor lekko niebieski podobnie jak cytoplazma. Nie ma tam jednak żadnych utworów silnie zabarwionych, podobnych do dużych kropli tłuszczowych plazmodium.

Cytoplazma śluzowców zawiera dużą ilość jąder, widoczne to jest już na pierwszy rzut oka. Większość pęcherzyków natomiast pozbawiona jest ich całkowicie. W niektórych jądra występują, ale w stosunkowo znacznie mniejszej liczbie niż w plazmodium. Żadnych wyraźnych zmian morfologicznych w jądrach plazmodiów poddawanych działaniu fitoncydów nie zauważyłem.

Z powyższego można wnioskować, że fitoncydy wywołują zmiany głównie w homogennej części protoplazmy śluzowca. Część jej zostaje utrwalona tworząc martwy szkielet, z którymi wiążą się niektóre skład-

niki morfotyczne. Reszta pozostaje w stanie bardziej płynnym, wycieka poza plazmodium porywając niektóre elementy strukturalne.

W celu porównania działania fitoncydów na protoplazmę śluzowca, z działaniem na protoplazmę innych organizmów, przeprowadziłem doświadczenia z korzonkami cebuli.

Ryc. 1. Plazmodium zabite przez lotne substancje cebuli. Na powierzchni utworzyły się pęcherzyki.

Le plasmode tué par les substances volatiles toxiques de l'oignon. A la surface du plasmode se sont formé des vésicules.

DOŚWIADCZENIA Z KORZONKAMI CEBULI

Cebule z korzonkami długości 2—3 cm umieszczałem w szczelnie zamykanych litrowych naczyniach. Na dnie naczynia znajdowało się 100 g roztartej cebuli. Ani cebule ani korzonki nie stykały się z roztartymi tkankami, działały na nie tylko lotne fitoncydy. Po 6—8 godz. część korzonków odcinałem, a następnie utrwaliałem i barwiłem, nieodcięte zanurzałem do wody. Korzonki pozostawały żywe i zdolne do dalszego rozwoju, na niektórych pojawiały się tylko nieznaczne nabrzmienia powyżej stożka wzrostu. Czasami w preparatach obserwowałem nienormalności w mitozie, podobne do opisanych przez wspomnianego już Kecka, a otrzymanych przez działanie wyciągiem z cebuli. Bliżej tym się jednak nie zajmowałem. W rzadkich wypadkach spotykałem większe zaburzenia w strukturze jąder. Na jądrach znajdujących się w tkankach leżących powyżej merystemu wierzchołkowego pojawiały się wypustki. Na preparatach można było znaleźć jądra z wypustkami różnej długości, przy czym im dłuższa była wypustka tym mniejszą pozostawała główna masa jądra. Część z nich przybrała całkowicie postać długich nici, które barwiły się jednolicie hematoksyliną nie wykazując struktur charakterystycznych dla utrwalonego jądra.

Działanie lotnych substancji czosnku było znacznie silniejsze i niezawode. Do naczynia kładłem 20 g roztartego czosnku i na 6 godz. umieszczałem w nim ukorzenione cebule. Po przeniesieniu korzonków do wody można było stwierdzić zahamowanie wzrostu. W przeciągu doby powyżej stożka wzrostu pojawiły się znaczne nabrzmienia. Korzonek pozostawał jednak żywy i po kilku dniach wytworzył szereg korzeni bocznych.

Główny stożek wzrostu nie odnowił swej działalności i zdegenerował się. Kontrolne korzonki nie wykazały żadnych zmian.

Ryc. 2. Pod wpływem lotnych substancji czosnku na korzonki cebuli, część chromatyny znalazła się poza jądrem telofazowym.

Sous l'influence de substance volatiles de l'ail sur les radicales de l'oignon, une partie de chromatine s'est trouvée en dehors du noyau télophasique.

Ryc. 2.

Na przekrojach widoczne były zakłócenia w kariokinezach oraz zmiany w morfologii jąder strefy różnicowania się. Najczęściej obserwowałem opóźnianie się chromosomów w anafazie, oraz pozostawanie części substancji jądrowej poza jądrem telofazowym (rys. 2). W korzonkach, które przeniosłem na dobę do wody, nie widziałem żadnych nowych kariokinez. Brakło tam również zahamowanych kariokinez, co pozwala sądzić, że pomimo zakłóceń powstałych w czasie działania fitoncydów kariokinezy dobiegły końca. Zmieniały się niektóre jądra leżące w strefie wydłużania się i różnicowania w odległości około 6 mm od stożka wzrostu. Pod wpływem fitoncydów z jąder wydobywają się cienkie nici zawierające kwas desoksyrybonukleinowy. Nici te znacznie się wydłużały, a czasami rozgałęziały się (rys. 3). Barwiły się one przy reakcji Feulgena jednolicie na całej swej długości, w reszcie jądra bezbarwne pozostawało jedynie jąderko.

Korzonki cebuli, zanurzone przez 4 do 12 godz. w rozcieńczonym do połowy wodą soku czosnku, obumierały. Korzonki traciły turgor, a po przeniesieniu do wody nie rosły, zaś po paru dniach rozpadały się przy lekkim nacisku. W utrwalonych i barwionych komórkach znalazłem szereg zmian. Korzonki traktowane 4—6 godz. posiadały silnie zdeformowane kariokinezy. Z jąder profazowych wydostawały się nici chromatynowe. W anafazie występowały spóźnione chromozomy, oraz mostki

Ryc. 3.

Ryc. 3. Jądra z nitkowatymi wypustkami powstałymi przy działaniu lotnymi fitoncydami czosnku na korzonek cebuli.

Les noyaux avec des proéminences filliformes, causées par les substances volatiles de l'ail dans les radicales de l'oignon.

chromatynowe łączące tworzące się potomne jądra (rys. 4). Niekiedy w cytoplazmie leżały odrzucone chromozomy. Jądra telofazowe z utworzonym jąderkiem lub bez jąderka barwiły się zupełnie homogennie. Często nie widać było tworzenia się przegrody pierwotnej, ani strukturalnego wrzeciona cytokinetycznego, chociaż teren pomiędzy jądrami bar-

a

b

Ryc. 4. Zakłócenia w kariokinezie przy działaniu sokiem czosnku. a) substancja chromatynowa poza jądrem profazowym b) mostek chromatynowy i odrzucony chromosom w anafazie.

Troubles dans la caryocinèse sous l'influence du suc d'ail. a) substance chromatique en dehors du noyau prophasique. b) trabécule chromatique et le chromosome écarté dans l'anaphase.

wił się intensywnie zielenią świetlistą. W wypadku gdy prawdopodobnie płynna przegroda była utworzona, protoplasty odrywały się od siebie wzdłuż jej linii (rys. 5). Jądra interfazalne wykazywały ziarnistą strukturę. Obok nich w cytoplazmie leżały drobne ziarenka barwiące się metodą Feulgena.

Ryc. 5. Przy działaniu sokiem czosnku nastąpiło oddzielenie się komórek wzdłuż przegrody pierwotnej. Jądra telofazowe jednolicie zabarwione, interfazowe wykazują ziarnistości, których część przedostała się do cytoplazmy. Barwione metodą Feulgena.

Séparation de cellules le long de la paroi primordiale sous l'influence du suc d'ail. Noyaux télophasiques sont uniformément colorés, noyaux interphasals présentent des granulations dont une partie a passé dans le cytoplasme. Coloration d'après la méthode Feulgen.

Przy długim do 12 godz. działaniu fitoncydów czosnku pogłębiały się zmiany w wewnętrznej strukturze komórek. Przede wszystkim zawartość komórki ulegała skurczeniu. W jądrach na całym przekroju korzenia nie widać było żadnych morfotycznych utworów z wyjątkiem jąder. Zwykle w komórkach skórki i dwóch trzech warstw pod skórką następowała chromatoliza (termin Kecka i i.). Polega ona na tym, że z jąder wydobywa się substancja chromatynowa i zbiera się w cytoplazmie

w postaci kropelek lub nitek. W niektórych wypadkach większość kwasu desoksyrybonukleinowego wydostawała się z jądra (rys. 6). Wtedy w jądrze pozostawało jąderko, nieliczne krople reagujące z odczynnikiem Schiffa i siateczka barwiąca się zielenią świetlistą. Ogólny kształt jądra nadal się zachowywał. Kariokinezy występowały rzadko i były zupełnie zniekształcone. Chromozomy zlewały się ze sobą dając niewyraźne, rozmazane obrazy.

Ryc. 6. Duża ilość kwasu DRN znajduje się w cytoplazmie. Korzonki traktowane sokiem czosnku, barwione metodą Feulgena.

Une grande quantité d'acide DRN se trouve dans le terrain du cytoplasme, après le traitement de racelles avec le suc d'ail. Coloration d'après la méthode Feulgen.

DYSKUSJA

Związek pomiędzy jądrem a cytoplazmą był przedmiotem licznych badań. Wielu dawniejszych autorów widziało w jądrze element aktywnie działający w okresie interfazy — wydzielający do cytoplazmy rozmaite substancje, między innymi chromatynowe. Wydzielania chromatyny jednak nie potwierdziły późniejsze badania i pogląd ten został odrzucony. Obecnie rozmieszczenie i losy niektórych składników jądra ulegają ponownemu rozpatrzeniu. Specjalne zainteresowanie budzą kwasy nukleinowe. Ostatnio C h a y e n i N o r r i s (1953) podali, że kwas DRN znajduje się w dużych ilościach w cytoplazmie i że kwas ten przemieszcza się w komórce zależnie od czynników zewnętrznych. C o o p e r (1951) stwierdził wywędrowanie kwasu DRN z jąder komórek warstwy wyściełającej do mikrosporocytów. Również badania zjawisk patologicznych rzucają pewne światło na procesy zachodzące w normalnym organizmie. Tego rodzaju badania Y a k a r a (1952), K e c k a i i. (1951) ustaliły, że pod wpływem niektórych trucizn jak kolchicina, czy kofeina, wyciągów z tkanek roślinnych z jąder wydostają się nici lub kropelki kwasu DRN. Moje obserwacje dowodzą również, że kwas DRN może masowo przechodzić z jądra do cytoplazmy pod wpływem czynników chemicznych. Względnie, jeżeli przyjmie się twierdzenie C h a y e n i N o r r i s a, to można uważać, że kwas DRN pod wpływem tych czynników pozostaje w cytoplazmie nie przechodząc podczas utrwalania i barwienia do jądra. W każdym razie kwas ten w wielu wypadkach może przemieszczać się w komórce roślinnej, co pozwala przypuszczać, że nie jest on nierozłącznie związany z jakimiś strukturami protoplazmatycznymi.

Porównując działanie fitoncydów na protoplazmę niższego organizmu (*Didymium nigripes*) i wyższego (*Allium cepa*) zauważyć można poważne różnice. U śluzowca reaguje przede wszystkim cytoplazma, natomiast jądra nie zmieniają się wyraźnie, u cebuli przede wszystkim uwiadcniają się zmiany w jądrach. Jądra komórek korzenia cebuli są niejednakowo wrażliwe na lotne fitoncydy. W strefie wydłużania się i różnicowania pod ich wpływem przyjmują jądra formy nitkowate, zaś w meristemie wierzchołkowym wyrzucają na zewnątrz drobne ziarenka chromatyny. Bezpośrednie zetknięcie się korzonków z sokiem czosnku wywołuje chromatolizę w komórkach powierzchniowych. Należy przypuszczać, że czynnik chromatolityczny słabo przenika przez błony komórkowe. Porównując zmiany spowodowane przez lotne i pynne fitoncydy stwierdza się, że zmiany te, przynajmniej częściowo, są specyficzne dla danego typu fitoncydów.

Można przypuścić, że działanie fitoncydów prowadzi do rozbicia protoplazmy na dwie części. Jedna zostaje ścięta, utrwalona, druga pozostaje homogenną lub nawet ulega homogenizacji, oddzielając się od pierwszej.

STRESZCZENIE

Pod wpływem fitoncydów czosnku i cebuli giną plazmodia śluzowca *Didymium nigripes*. Na powierzchni plazmodium powstają pęcherzyki, o składzie różnym od reszty protoplazmy. Często w pęcherzykach nie obserwuje się jąder oraz niektórych utworów tłuszczowych występujących w plazmodium. Fitoncydy cebuli nieznacznie zakłócają koriokinezy w korzonkach cebuli. Korzonki cebuli obumierają pod wpływem fitoncydów czosnku. Następują znaczne zaburzenia w kariokinezach, rozproszenie się kwasu DRN w całej protoplazmie i skurcz protoplastów. Należy przypuścić, że mechanizm działania fitoncydów polega na rozbiciu protoplazmy na dwie części z których jedna zostaje ścięta, a druga pozostaje homogenną i oddziela się od pierwszej.

RÉSUMÉ

Les substances volatiles ou nonvolatiles de plusieurs plantes, appelées phytoncides, manifestent une action toxique sur différents organismes. Le myxomycète *Didymium nigripes*, cultivé sur la gélose au moût de bière à 50Bx, fournit d'abondants plasmodes qui, très souvent, ne fructifient pas. De tels plasmodes montés en goutte pendant ont été soumis à l'action des phytoncides de l'ail et de l'oignon, volatils ou liquides. Leur action durant à peine quelques secondes provoquait la mort des plasmodes. Les mouvements du protoplasme cessaient tout d'abord et à la sur-

face des plasmodes se formaient de vésicules cytoplasmiques. Ces derniers diffèrent au point de vue de la structure du restant de la masse protoplasmique. Certains contenaient quelques noyaux et certains d'autres n'en possédaient pas du tout. Dans chaque vésicule on a pu constater la présence des gouttes de substances grasses, mesurant environ 1μ et qui se coloraient avec le bleu de Nil sulfurique et avec le Soudan noir. Par contre on n'a pas constaté de la présence de graisses aldehydées, donnant la réaction plasmale de Feulgen, ni de grosses gouttes présumant la coloration avec le bleu de Nil sulf., et présents en grande quantité dans les plasmodes.

Les radicules de l'oignon soumis à l'action des phytoncides volatils pendant 6—8 h. montraient parfois des enflures au dessus du sommet ainsi que des perturbations dans les mitoses.

Les substances volatiles de l'ail agissaient plus énergiquement. Exposition pendant 6—8 h. à l'action de ces phytoncides provoquait l'allongement filiforme des noyaux au dessus du méristème terminale. L'allongement de radicules fut arrêté et à leurs bouts apparaissaient des enflures. Les radicules de l'oignon trempés dans l'extrait de l'ail, coupé à moitié d'eau, furent intoxiqués et après 4—6 h. on a pu noter les changements dans la caryocinèse exprimés par la présence de chromosomes attardés, par l'existence de trabécules chromatiques et l'absence de fuseau achromatique. En faisant agir les phytoncides plus longtemps, 6—12 h., on a pu constater des filaments et des granules d'acide d. oxyribonucleique en dehors du noyau ainsi que la plasmolyse des cellules.

Les phytoncides agissent de façon différente sur le protoplasme des organismes étudiés. Mais en générale cette action conduit à la séparation du protoplasme en deux parties, dont une est coagulée, „fixée“ et l'autre reste homogène et se sépare de la première.

LITERATURA

- A r d r e s e n N. P o l l o c k B. M., 1952. A comparison between the cytoplasmic components in the myxomycete, *Physarum polycephalum*, and in the amoeba, *Chaos chaos*. C. R. d. Trav. du Labor. Carlsberg sér. chimique v. 28 247—264.
- C h a y e n J. N o r r i s K. P., 1953. Cytoplasmic localization of nucleic acids in plant cells. Nature v. 171 472—473.
- C o o p e r C. D., 1952. The transfer of desoxyribosenucleic acid from the tapetum to the microsporocytes at the onset of meiosis. Amer. Naturalist v. 86 219—229. wg Bull. Analytique v. 14 1953 741.
- D u b r o v a G. B., 1950. Działanie fitoncydów czosnoka na pleśnie grzyby. Mikrobiologija v. 19 229—234.
- G u z o w s k a B., O r z e c h o w s k a B., K u n i c k i - G o l d f i n g e r W., 1952. Właściwości fitoncydów cebuli *Allium cepa* L. cz. I. Acta Microbiol. Polonica v. 1 175—184.

- Keck K., Hoffmann-Ostenhof O., 1951. Pflanzliche Stoffwechselprodukte als Mitosegifte. Monatshefte f. Chemie (Österreich. Akad. Wiss.) v. 82 559—562.
- Keck K., Frisch-Niggemeyer W., Ascher D., Hoffmann-Ostenhof O., 1951. Inhaltsstoffe des Knoblauchs und ihre Wirkungen. Monatsh. f. Chemie v. 82 755—758.
- Kovalenok A. V., 1943. Mechanizm dejstvija fitoncoidow na Protozoa. DAN SSSR v48 n6 wg Tokina.
- Langeron M. 1949. Précis de microscopie. Paris Masson et Cie.
- Marchlewski L., 1947. Chemia fizjologiczna t. I Kraków.
- Rodkiewicz B., 1953. Action de phytoncides volatils sur les Myxomycètes. Bul. Soc. Sc et d. Lettres de Łódź v.4.8.
- Skupieńska A., 1953. Influence du substratum sur le développement du myxomycète *Didymium nigripes*. Bul. Soc. Sc et d Lettres de Łódź v.4.7.
- Szymona M., 1952. Wpływ fitoncydów *Allium sativum* na wzrost i oddychanie niektórych grzybów chorobotwórczych. Acta Microbiol. Pol. v. 1 5—23.
- Tokin B. P., 1951. Fitoncydy Moskva AMN pp 236.
- Verné J. 1929. Etude histochemique des substances aldéhydiques formées au cours du métabolisme des corps gras. Ann. Physiol. et Physicochim. Biol. v5 245—267.
- Walker J. C., 1923. Disease resistance to onion smudge. Jour. Agr. Res. v. 24 1019—1039.
- Vinokurov S. I., Bronja L. M., Korsak S. A., 1947. Tорможение фитонцидами чеснока и лука некоторых окислительных процессов катализируемых тяжелыми металлами. Бжл. експер. биол. и мед. n. 4.
- Yakar N., 1952. Cytochemical studies on pycnotic root-tip cells Bot. Gazet. v. 114 72—79.