Dynamika rozwojowa mykorhizy u kukurydzy i końskiego zębu

*La dynamique du développement des mycorrhizes observées chez
les quatre variétés de Zea maïs*

W. TRUSZKOWSKA, A. KOPEĆ, E. HALICKA

(Wpłynęło dn. 11. II. 52 r.)

Zagadnienie mykorhizy roślin uprawnych jest jeszcze stosunkowo mało opracowane. W miarę postępowania badań w tej dziedzinie okazuje się, że wiele z nich, jak na przykład zboża, wytwarza mykorhizy wobec czego wyłania się potrzeba, poza stwierdzeniem ich obecności, prześledzenia dynamiki rozwojowej mykorhiz, co rzuci światło na korzyści jakie rośliny uprawne ciągną z tej symbiozy.

Kukurydza i jej odmiana pastewna zwana końskim zębem jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych roślin uprawnych na całej kuli ziemskiej. To szczególne miejsce w uprawie zależy od wysokiej wydajności z ha oraz szerokiego zastosowania jako roślina pastewna, jadalna i przemysłowa. Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że plon kukurydzy jest o 50% wyższy od jęczmienia i owsa, a w jakości prawie nie ma różnic, to przez poszerzenie powierzchni obsiewu znacznie można zwiększyć zasoby pasz treściwych.

Ojczyzną kukurydzy jest Ameryka Środkowa, o czym świadczą odkrycia wykopaliskowe w Meksyku, gdzie znaleziono kolby z okresu 3000 lat przed Chrystusem. Odmiany kukurydzy, zwane indyjskim zbożem, znalazł na wyspach zachodnio-indyjskich Krzysztof Kolumb i przywiózł do Europy. Odmiany znalezione przez Kolumba Amerykanie zaliczają do typu tropikalnego, późno dojrzewającego, odmiany wyhodowane w północno-zachodniej części Stanów Zjednoczonych i Kanady zalicza się do typu wcześnie dojrzewających.

W Polsce była kukurydza do niedawna uprawiana w niewielkiej ilości, jedynie w południowych rejonach. Obecnie aklimatyzacja i uprawa kukurydzy stała się zagadnieniem ważnym wobec zmniejsz-

szających się plonów ziemniaków spowodowanych przez choroby wirusowe i stonkę.

Kukurydza jako roślina pochodzenia południowego należy do grupy roślin krótkiego dnia. Potrzebuje do swego rozwoju dużo słońca i ciepła. Jest mało wytrzymała na przymrozki wiosenne i jesienne. W płodozmianie jest traktowana jak rośliny okopowe. Najlepiej rozwija się na glebie próchnicznej. Przy starannej uprawie udaje się także na piaskach, glinie i torfie. Gleby ciemne, nagrzewając się lepiej, wpływają korzystnie na rozwój kukurydzy. Na glebach zimnych rozwój kukurydzy jest zahamowany, dojrzewa późno i plony daje niższe. Na terenach podmokłych i przesuszonych nie udaje się wcale.

Pod względem nawozowym, ze wszystkich roślin zbożowych kukurydza ma największe zapotrzebowania. Podstawowym nawozem jest obornik. Dla dobrego rozwoju niezbędne także są nawozy sztuczne fosforowe i potasowe oraz azot w małych dawkach (duże dawki opóźniają dojrzewanie).

Pod względem botanicznym kukurydza należy do tej samej rodziny (*Gramineae*) co nasze zboża i trawy łąkowe. W momencie kiełkowania ziarniak wypuszcza najpierw pęd, a potem korzeń główny oraz 2—3 korzonki boczne, tymczasowe. Prawdziwe trwałe korzenie tworzą się po kilku dniach na głębokości około 2 cm pod powierzchnią ziemi. Rosną one początkowo ukośnie, później zagłębiają się pionowo. Rozgałęzieniami swymi obejmują powierzchnię o promieniu około 60 cm.

Systematyka kukurydzy jest oparta na budowie i kształcie ziarna. Wyróżnia się następujące odmiany:

1. kukurydza zwykła czyli rogowata (*Zea mays* var. *indurata*)
2. „ koński ząb (*Zea mays* var. *indentata*)
3. „ cukrowa (*Zea mays* var. *saccharata*)
4. „ pękająca (*Zea mays* var. *evarta*)
5. „ plewiasta (*Zea mays* var. *tunicata*)
6. „ mączysta (*Zea mays* var. *amylacea*)
7. „ woskowata (*Zea mays* var. *ceratina*)

Do typu kukurydzy zwykłej należą odmiany obecnie uprawiane w Polsce jak: Bydgoska Wczesna, Górecka Żłota, Stanowicka. Wawrzyniecka i Puławska. Z odmian końskiego zębu wchodzi do uprawy: Koral Czerwony, Koński ząb Żółty i Vigor.

Rozpowszechnienie uprawy kukurydzy wymaga dokładnego poznania biologii tego gatunku. Ze sprawami nawożeniowymi ściśle

łączy się mechanizm odżywiania, dlatego ważną rzeczą jest poznanie sposobu pobierania roztworów glebowych i zbadanie mykotrofizmu.

Zagadnienie mykorhizy u jednoliściennych roślin uprawnych nie zostało do tej pory zbadane wyczerpująco.

Na temat mykorhizy u traw zwarto-kępkowych wypowiada się W. W i l i a m s (1949), zaliczając je do roślin mykotroficznych i sądzi, że „grzyby żyjące w symbiozie z roślinami wyższymi dostarczają im składników pokarmowych przez rozkład zalegającej w glebie w warunkach beztlenowych, substancji organicznej. Ponieważ grzyby są organizmami potrzebującymi do wegetacji tlenu, przeto w środowisku beztlenowym mogą się utrzymać jedynie w symbiozie z korzeniami roślin o dobrze rozwiniętej aerenchymie.“ Do mykotroficznych roślin zalicza W i l i a m s nasze zboża takie jak: proso (*Panicum miliaceum*), twardą jarą pszenicę (*Triticum durum*) i zwykły owies (*Avena sativa*). Jego zdaniem „wszystkie te rośliny, ujęte w jedną grupę roślin uprawnych, odznaczają się specyficzną cechą polegającą na fakultatywno-mykotroficznym sposobie odżywiania.“ Oprócz wyżej wymienionych, do grupy tej należą również trzy gatunki niebezpiecznych chwastów jak: *Avena fatua*, *Avena sterilis* i *Avena strigosa*.

Opisy mykorhiz u rajgrasów podaje S h a e d e (1943), oraz J a c z e w s k i (1933). Ten ostatni omawia mykotrofizm *Lolium temulentum*, wyodrębniając go jako specjalną formę symbiozy, która polega na tym, że symbiont grzybowy towarzyszy roślinie we wszystkich stadiach rozwojowych. Skupiona w nasionach grzybnia przenika przy kiełkowaniu do sąsiednich komórek i rozwija się w miarę wzrostu roślin nie przeszkadzając rozwojowi i nie uszkadzając organów. Podobną formę symbiozy zaobserwowano także u pszenicy (*Triticum durum*), której nasiona wykazują grzyba w warstwie aleuronowej. W tym wypadku również grzybnia nie uszkadza zielonego symbionta.

W zebranej przez J a c z e w s k i e g o literaturze traktującej o mykorhizie znajdują się wzmianki o pracach P e y r o n e l l a, który badał mykorhizę endotroficzną u wielu roślin zielnych, a między innymi i traw. Znalazł on mykorhizę u żyta, pszenicy, jęczmienia i owsa. P e y r o n e l l badając zboża, ze szczególnym uwzględnieniem pszenicy, stworzył teorię podwójnej infekcji przez dwa różne grzyby. Zasadnicze zakażenie wywołuje grzybek tworzący sporangiole i drzewkowate arbuskule, ale równocześnie w komórce zainfekowanej następuje infekcja nowa, dająca obraz zwiniętego

kłębka grzybni. Jak stwierdził P e y r o n e l l powtórne zakażenie, o charakterze saprofitycznym, można wyosobnić z pszenicy, kukurydzy, jęczmienia, tytoniu, buraka, winorośli oraz innych dziko rosnących gatunków roślin i można je zidentyfikować z mykorhizą storczyków, przyjmując możliwość rozpoznania w niej rodzaju *Rhizoctonia*. Grzybami tego rodzaju udało się zakazić pszenicę. Natomiast grzybek drzewkowaty nie został wyodrębniony w czystych kulturach.

Powstawanie mykorhiz u owsa potwierdził J a c z e w s k i, a później S t r z e m s k a (1949), która wykazała, że mykorhiza jako zjawisko powszechnie występujące u owsa, jest typową mykorhizą wewnętrzną, niezależną od rodzaju i odczynu gleby. Infekcja młodych korzeni odbywa się przez włośniki, przy czym grzybnia atakuje cały system korzeniowy, a szczególnie silnie boczne korzenie. Nasilenie rozwoju mykorhizy zwiększa się w miarę rozwoju rośliny. Największe jest w okresie dojrzewania roślin a w ciągu całego okresu wegetacyjnego zachodzi proces trawienia strzępek i uzupełniania infekcji.

Na temat mykorhizy kukurydzy, oprócz wyżej zamieszczonej wzmianki P e y r o n e l l a, pierwszy wypowiedział się A s a i (1934), który podaje, że infekcja grzybowa wystąpiła u badanych przez niego okazów już po upływie tygodnia, licząc od momentu skiełkowania, a około miesiąca, licząc od momentu wysiewu ziarna.

W związku z tym podjęto badania nad dynamiką rozwojową mykorhizy u kukurydzy i jej odmiany pastewnej końskiego zębu.

Kukurydza do tych badań została wysiana w ogrodzie przy Zakładzie Fitopatologii i Ochrony Roślin U. W. dnia 22. V. 1950 r. na glebie określonej jako szczerk mocny o $pH = 7$, bez nawożenia. Skład mechaniczny wyżej opisanej gleby:

F r a k c j e

Srednica cząsteczek glebowych w mm	0,002	0,002 do 0,006	0,006 do 0,02	0,02 do 0,05	0,05 do 0,1	0,1 do 0,5	0,5 do 1,0	1,0 do 2,0	2,0 do 20,0	20
zawartość w %	5,0	5,0	4,2	7,5	3,8	44,8	9,5	3,8	16,5	—

W badaniach zostały uwzględnione 2 odmiany kukurydzy zwykłej (*Zea mays* var. *indurata*): Bydgoska i Stanowicka oraz 2 odmiany końskiego zębu (*Zea mays* var. *indentata*): Vigor i Czerwony Koral.

Materiał korzeniowy do badań anatomicznych został pobrany pięciokrotnie w ciągu okresu wegetacyjnego to znaczy: 1 — w czasie wychodzenia liści z coleoptile (27. V. 50), 2 — w okresie wzrostu rośliny do wysokości $\frac{1}{2}$ m (22. VI. 50), 3 — w okresie kwitnienia (4. VIII. 50), 4 — w czasie tworzenia kolb (14. VIII. 50), 5 — w czasie dojrzewania kolb (15. IX. 50).

Odmiana końskiego zębu Vigor została wzięta do badań z pola uprawnego majątku P. G. R. w Bielanych (woj. Wrocławskie). Pole to pod względem reliefu przedstawia w stosunku do otaczających je terenów lekkie zakłębienie o glebie określonej jako czarna ziemia próchniczna, zalegająca na glinie. Głębokość warstwy ornej wynosi 25 cm. Warstwa próchniczna sięga do głębokości 43 cm, pH — w górnej warstwie waha się między 6,5—7. Skład mechaniczny czarnej ziemi z Bielanych:

F r a k c j e

Srednice cząsteczek glebowych w mm	0,002	0,002 do 0,006	0,006 do 0,02	0,02 do 0,05	0,05 do 0,1	0,1 do 0,25	0,25 do 0,5	0,5 do 1,0	1,0 do 2,0	po- nad 2
zawartość w %	20,7	13,8	26,6	25,6	6,1	1,8	2,3	1,7	1,2	0,2

Przedplonem dla kukurydzy pastewnej odmiany Vigor była pszenica. Po sprzęcie dana była wczesna podorywka, przed zimą głęboka orka. Wiosną stosowano kultywator, przed siewem bronę. Z nawozów dano obornik oraz superfosfat i sól potasową.

Ziarno zostało wysiane 5. V. 50 r. ręcznie za znacznikiem 60×60 na przestrzeni 2 ha.

Materiał korzeniowy do badań został zebrany czterokrotnie w czasie okresu wegetacyjnego to znaczy: 1 — w okresie wychodzenia liści z coleoptile (11. V. 50), 2 — w okresie zawiązywania kwiatu (20. VI. 50), 3 — w czasie kwitnienia (4. VIII. 50), 4 — w czasie dojrzewania kolb (10. IX. 50).

Korzenie do badań anatomicznych tak w pierwszym jak i w drugim wypadku zostały przygotowane metodą parafinową i pokrojone na mikrotomie na skrawki 20 mikr. grubości.

WYNIKI BADAŃ:

Okres wychodzenia liści z coleoptile

Siewki młodych roślinek kukurydzy mają oprócz korzonka głównego 2—3 korzonki boczne. Wszystkie one wytwarzają włosniki, kształt mają walcowaty, kolor jasno-żółty.

Na podstawie analizy mikroskopowej przekrojów poprzecznych korzonków ostatniego rzędu stwierdzono, że na zewnątrz znajduje się szczątkowa rhizoderma. Pod nią zalega jednowarstwowa egzoderma o komórkach kształtem zbliżonych do prostokątów, a błonach promieniowych niekiedy lekko pofalowanych, co sprawia wrażenie jakby zgniecenia komórek w kierunku stycznym. Pod egzodermą znajduje się przeważnie trójwarstwowa kora pierwotna. Komórki kory mają kształt nieregularnych wieloboków o kątach przeważnie zaokrąglonych i błonach cienkich. Ułożone są one luźno, między nimi znajdują się duże, trójkątne lub nawet kwadratowe przestwory międzykomórkowe.

Do ostatniej warstwy miękiszu korowego przylega od wewnątrz endoderma w III-im stadium rozwojowym. Pod endodermą zalega jednowarstwowy pericykl składający się z komórek wielobocznych, cienkościennej. Sam środek walca osiowego zajmują elementy przewodzące.

Ryc. 1. *Zea mays* var. *indentata*. Przekrój podłużny korzonka mykotroficznego z okresu wypuszczania pierwszych liści. 1. komórka rhizodermy z włosnikiem, zainfekowana przez grzyba.

W pierwszej warstwie komórek miękiszu korowego oraz niekiedy w komórkach egzodermy znajdują się zdrowe strzępki grzyba barwy szaro-zielonkawej o średnicy $4,5 \mu$ niepodzielone, wykazujące wewnątrz drobną ziarnistość.

Strzępki te biegną wzdłuż błon komórkowych równoległych do osi korzenia, tworząc niekiedy rozgałęzienia. Jest to warstwa garbnikowa.

W drugiej i trzeciej warstwie komórek kory występują zagęszczenia szaro-zielonkawej substancji, silnie łamiącej światło. Jest to warstwa trawienna, a wyżej wymienione zagęszczenia są przetrawionymi strzępkami. W warstwie tej gdzie nigdzie znajdują się fragmenty zdrowych strzępek grzyba.

W pierwszym okresie rozwojowym bogatsze przegrzybienie wykazuje warstwa garbnikowa niż trawienna. Ogólnie biorąc przegrzybienie w okresie wychodzenia pierwszych liści z ceoleptile jest słabe. Wprawdzie znaleziono grzyba w korzeniach wszystkich odmian, lecz korzonków mykotroficznych było bardzo mało, średnice ich wahały się w granicach od 209 do 858μ .

Okres wzrostu do wysokości $\frac{1}{2}$ m

System korzeniowy roślin starszych jest kształtu miotłkowatego. Poszczególne korzenie wielokrotnie się rozgałęziają, kształt mają włacowaty, kolor jasno-żółty i wytwarzają dużo włóśników.

Ryc. 2. *Zea mays* var. *indurata*. Przekrój podłużny korzonka mykotroficznego z okresu wypuszczania pierwszych liści.

1. komórka rhizodermy. 2. komórka mykotroficzna egzodermy ze zdrowymi strzępkami. 3. komórka mykotroficzna miękiszu korowego ze zdrowymi strzępkami. 4. komórka mykotroficzna miękiszu korowego ze skupieniami przetrawionych strzępek.

W pierwszej warstwie miększu korowego trafiają się nieliczne zdrowe strzępki grzyba.

W drugiej i trzeciej warstwie miększu znajdują się dość duże skupienia zielonkawo-szarej substancji czyli przetrawionych strzępek. W skupieniach tych można niekiedy zobaczyć fragmenty zdrowych strzępek grzyba lub też częściowo tylko rozłożonych.

Zarówno na przekrojach poprzecznych jak i podłużnych można zaobserwować, że grzybnia nie przekracza granicy walca osiowego.

Ryc. 3. *Zea mays* var. *indurata*. Przekrój poprzeczny korzonka mykotroficznego z okresu tworzenia kolb. 1, 2, 3, komórki warstwy trawiennej wypełnione rozłożoną grzybnią z drobnymi fragmentami niestrawionych strzępek.

W tym okresie rozwojowym, w przeciwieństwie do poprzedniego, silniejsze przegrzybienie wykazuje warstwa trawienna niż garbnikowa. Korzeni mykotroficznych znaleziono dużo u wszystkich odmian, średnice ich wahały się w granicach od 242 do 836 μ .

Okres kwitnienia

Proces rozkładu i zużycia ciała grzyba przez zielonego symbionta jest w tym okresie zupełnie wyraźny. W warstwie garbnikowej z trudnością wyróżnia się zdrowe strzępki grzyba, natomiast w warstwie trawiennej wnętrza komórek są obficie wypełnione rozłożoną grzybnią z nikłymi tylko fragmenatmi zdrowych strzępek. Szczególnie silne zagrzybienie wykazuje ostatnia warstwa miększu korowego to znaczy przylegająca do endodermy. Taki stan zaobserwowano na materiale z okresu kwitnienia u wszystkich odmian. Grubość korzeni mykotroficznych waha się od 198 do 858 μ .

Okres tworzenia kolb

Podczas wytwarzania kolb obraz zagrzybienia, który dają przekroje poprzeczne korzeni nie uległ zasadniczym zmianom.

Różnica tkwi jedynie w tym, że w warstwie garbnikowej nie wyróżnia się już zdrowych strzępek grzyba. W warstwie trawiennej wielką rzadkością są nikłe fragmenty nierozłożonych strzępek.

Nasilenie zagrzybienia jest duże, a stopień rozkładu strzępek daleko posunięty u wszystkich odmian. Grubość korzeni mykotroficznych mieści się w granicach od 154 do 946 μ .

Okres dojrzewania kolb

Okres dojrzewania kolb u kukurydzy charakteryzuje spadek nasilenia zagrzybienia. W porównaniu z poprzednimi stadiami rozwojowymi skupienia żółtawej substancji, znajdujące się w komórkach miększu korowego, powstałej z rozkładu kłębków grzybni, są nieliczne. W tym okresie grzybnia przedstawia obraz zupełnego zniszczenia.

Ryc. 4. *Zea mays* var. *indurata*. Przekrój poprzeczny korzonka mykotroficznego z okresu dojrzewania kolb. 1, 2, 3, 4, 5 komórki mykotroficzne miększu korowego wypełnione rozłożoną grzybnią z nikłymi fragmentami niestrawionych strzępek.

Wyraźne obniżenie stopnia zagrzybienia stwierdzono w korzeniach wszystkich odmian. Grubość korzeni mykotroficznych mieści się w granicach od 242 do 858 μ .

U końskiego zębu, odmiany Vigor, z pola doświadczalnego w Bielanach przebieg rozwoju mykorhizy wyglądał prawie identycznie. Zasadnicza różnica tkwi tylko w tym, że infekcja wystąpiła później, to znaczy dopiero w okresie zawiązywania kwiatów, a nie w okresie wypuszczania pierwszych liści. W całym przebadanym materiale infekcja korzeni miała miejsce przez włósniki.

WNIOSKI

1. Z powyższego zestawienia wynika, że kukurydza jak i jej odmiana pastewna zwana końskim zębem wytwarzają mykorhizę endotroficzną typu tolypofagicznego.
2. Mykorhizy znaleziono u wszystkich przebadanych odmian.
3. Korzenie, niezależnie od infekcji grzybem, wytwarzają włósniki.
4. Najsilniejsze zagrzybienie występuje w okresie kwitnienia i wytwarzana kolb. W okresie dojrzewania kolb obserwuje się daleko posunięty obraz rozkładu grzybni, co świadczy o mobilizowaniu zapasów pokarmowych przez roślinę zieloną dla wyprodukowania ziarna.
5. Występowanie mykorhizy stwierdzono tak u kukurydzy pochodzącej z gleby nieuprawianej i nienawożonej jak i z gleby specjalnie do tego celu uprawionej i nawożonej, z tą różnicą, że na glebie pozostającej w stanie bezuprawowym infekcja grzybowa wystąpiła wcześniej, bo już w czasie wypuszczania pierwszych listków, podczas gdy u roślin z pola uprawnego dopiero w okresie zawiązywania kwiatu. Można to umotywić faktem, że na skutek przeorywania i nawożenia gleby następuje zaburzenie równowagi w biocenozie glebowej, która potrzebuje pewnego okresu czasu aby wrócić do stanu równowagi, co opóźnia infekcję.
6. Roślin autotroficznych, pośród przebadanych odmian kukurydzy i końskiego zębu, nie znaleziono, z czego można wnioskować, że symbioza z grzybem jest dla kukurydzy konieczna oraz, że w związki symbiotyczne wchodzi różne gatunki grzybów, zależnie od tego jakie akurat znajdują się w podłożu.
7. Z czasem rolnicy dojdą do wniosku, że tak jak fosfor, potas i azot również dla dobrego rozwoju, a tym samym bogatych plonów, niezbędny jest dla roślin uprawnych w podłożu grzyb, któremu trzeba stwarzać sprzyjające do wegetacji warunki.

8. Typ symbiozy opisany powyżej można by nazwać jednostronnym pasożytowaniem rodzaju *Zea* na grzybach, które początkowo zwabione chemizmem miękiszu korowego wchodzą do komórek, a w momencie największej potrzeby są zużytkowane przez komórki fagocytowe kukurydzy.
9. Jaki zysk mają z tego współżycia grzyby trudno z badań anatomicznych wnioskować. Nasuwa się przypuszczenie, że ocalałe z okresu trawienia strzępki rozkładają w jesieni obumarłe korzenie kukurydzy.

Z Zakładu Fitopatologii i Ochrony Roślin
Uniwersytetu we Wrocławiu

RÉSUMÉ

Les auteurs présentent les résultats d'observation faite sur la dynamique du développement des mycorrhizes chez les quatre variétés de *Zea maïs*: Bydgoska, Stanowicka, Vigor et Czerwony Korral — les deux dernières appartiennent aux variétés fourragères. Voici les résultats obtenus:

1. On a trouvé les mycorrhises chez toutes les variétés examinées de *Zea maïs*.
2. Toutes les variétés examinées de *Zea maïs* produisent les mycorrhizes endotrophiques du type tolypophage.
3. Les racelles infectées, par le mycelium symbiotique, produisent les poils absorbants.
4. Le développement du filament mycelien le plus intense, dans le tissu de *Za maïs*, a lieu pendant la floraison et au temps de formation des fruits.
5. Au temps de mûrissement des graines la densité du filament mycelien dans le tissu diminue parce que le mycelium est digéré pour la production de semences.
6. L'infection mycelienne se montra d'abord chez les plantes de sols incultivés (pendant le poussement des premières feuilles) et plus tard chez les plantes du champ cultivé (au temps de la floraison).
7. Parmi les exemplaires examinées on a pas trouvé des plantes autotrophiques.
8. On peut considérer ce type de symbiose comme parasitisme du genre *Zea* sur les champignons qui sont presque complètement digérés par les cellules fagocytaires des racelles.

9. Quel est le profit qu'obtiennent les champignons de cette symbiose, les études anatomiques des radicelles ne peuvent éclairer. On peut penser qu'en automne les restes du filament mycelien échappées de digestion dans le tissu peuvent se bien développer sur les radicelles mortes.

LITERATURA

1. A s a i T. 1934. Über das Vorkommen und die Bedeutung der Wurzelpilze in der Landpflanzen. Fünfte Hochschule in Kumamoto, Japan.
2. B u r g e f f H. 1943. Problematik der Mykorrhiza. Die Naturwissenschaften Jhrg. 31. Heft 47/48, 558—567.
3. D o m i n i k T. 1948. Przyczynek do znajomości metaplazji w komórkach roślinnych, zabijanych przez grzyby. Acta Soc. Bot. Poloniae. XIX. 56—78.
4. D o m i n i k T. Modrzew w lasach czerniejewskich pod Gnieznem i dynamika rozwojowa jego mykorrhizy. Acta Soc. Bot. Poloniae XX, 305—330.
5. D o m i n i k T. 1950. Badania mykotrofizmu dzikich grusz z uwzględnieniem warunków ekologicznych na terenie Polski. Acta Soc. Bot. Poloniae. XX, 255—304.
6. D o m i n i k T. 1951. Mykorrhiza. Państw. Wyd. Roln. i Leśne, Warszawa
7. J a c z e w s k i A. 1933. Osnovy mikologii. Moskwa.
8. L i n s b a u e r K. 1940. Handuch der Pflanzenanatomie. Band. VIII. Der primäre Bau der Angiospermenwurzel von H. Guttenberg, Berlin.
9. O l b r y c h t T. i N a d w y c z a w s k i W. Kukurydza pastewna, rękopis.
10. R o e m e r T. i R u d o r f W. 1941. Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Berlin.
11. S c h a e d e R. 1943. Die pflanzlichen Symbiosen. Jena.
12. S t a h l E. 1900. Der Sinn der Mycorrhizenbildung, Jahrb. f. wiss. Bot. 34, 539—658.
13. S t r z e m s k a J. 1949. Zagadnienie mykorrhizy u zbóż. Annal. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, Vol. IV. 9, Sectio E.