

Obserwacje „czarcich kręgów” na niżu

BARBARA SADOWSKA

Instytut Botaniki Uniwersytetu Warszawskiego

Sadowska B.: (Institute of Botany, Warsaw University, Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa, Poland). *Observation of fairy rings in the lowlands*. Acta Mycol. 15 (1): 151-166, 1979.

Investigations on the formation of fairy rings by *Agaricales* were performed in the years 1971-1974 in forest meadows and reserves in Dziekanów Leśny and on agricultural mowed ones in Kazuń near Warsaw. During 240 observations 378 maps were made. In forest meadows 15 species formed rings and on agricultural mowed meadows 22 species. Many species formed rings considerably affecting the growth of vascular plants. This caused the formation of distinct zones parallel to the lines of fructifications. Many more species formed rings without affecting the growth and species composition of vascular plants. The appearance of fairy rings and the analysis of the reasons for their occurrence may facilitate in a certain sense the investigation of the speed and way of growth of mycelium in the soil.

WSTĘP

W przyrodzie nieraz spotyka się zjawisko liniowego występowania owocników niektórych gatunków grzybów. Taki ich szereg uformowany wzdłuż linii kolistej nazywany bywa „czarcim kręgiem”.

Wielu badaczy z różnym powodzeniem analizowało sposób tworzenia się „czarcich kręgów” przez niektóre grzyby leśne, nieliczni jednak zajmowali się owocowaniem grzybów kapeluszowych na łąkach i pastwiskach; na ogół na ten temat podają oni krótkie doniesienia. Najobszerniejsze opracowanie dotyczy sposobu owocowania grzybní kilku gatunków na łąkach w Kolorado (Schantz, Piemeisel 1917). W Polsce dopiero Gumińska (1976) zwróciła uwagę na „czarcie kręgi” na łąkach w Pienińskim Parku Narodowym. Prowadząc badania równoległe z tą autorką zajęłam się poznaniem takich kręgów na niżu środkowopolskim.

Powstanie kręgu owocników jest wynikiem promienistego wzrostu grzybní rozwijającej się z jednego zarodnika lub gniazda strzępek (Lebiediewa 1937). Niekiedy krąg może powstać w efekcie jednoczesnego

rozwoju grzybni w kilku punktach (W o l f, W o l f 1948). Ciągłe rozprzestrzenianie się grzybni jest uwarunkowane jej aktywnością, specyfiką rozrastania się kręgu oraz jego wieku (P a r k e r - R h o d e s 1955). Nieraz grzyby formują owocniki nie tylko wzdłuż linii kolistej, lecz także elipsoidalnej. Tego typu kręgi mogą powstawać w wyniku odśrodkowego rozwoju grzybni z dwóch jej centrów (H o r a 1959).

Tempo rozrastania się grzybni w „czarcim kręgu” jest różne. Kręgi mogą również nakładać się na siebie. (S c h a n t z, P i e m e i s e l 1917). Wewnątrz dużego koła (200 m średnicy) wytworzonego przez *Calvatia cyathiformis* Bosc. (S c h a n t z i P i e m e i s e l) znaleźli pięć małych kręgów uformowanych przez *Agaricus campester* (L.) Fr. Przyczyną tego zjawiska może być — poza przypadkowym rozwojem dwóch gatunków obok siebie — różny wiek kręgów, a także czas ich powstania.

Sposób rozrastania się grzybni w podłożu jest uwarunkowany przystosowaniem się jej do warunków siedliska. Na przykład grzybnia gatunków psammofilnych, znajdująca się pod wpływem bardzo specyficznych i trudnych warunków bytowania w piasku, rozwija się w dwóch kierunkach — pionowym i poziomym (R u d n i c k a - J e z i e r s k a 1971). Kręgi o linii elipsoidalnej, o grzybni rosnącej poziomo, mogą być zdeformowane wskutek napotykania przez strzępki naturalnych przeszkód w glebie.

METODY

Obserwacje czarcich kręgów na łąkach (śródlęśnych, rezerwatowych oraz użytkowych w okolicach Warszawy) prowadziłam w sezonie wegetacyjnym 1971-1974 (sezon 1973 roku został utracony z powodu suszy). Dokonywałam ich na powierzchniach badawczych w kształcie prostokąta o wymiarach: dla łąki śródlęsnej 25×1 m, a dla łąki użytkowej — 50×1 m. Na rezerwatowych łąkach wyznaczyłam cztery powierzchnie, natomiast na użytkowych — dwie. Jedną z nich przeznaczyłam do obserwacji w zbiorowisku trawy koszonej, druga zaś pozostawała przez cały okres badań niekoszona. Podczas każdej obserwacji (w odstępach mniej więcej tygodniowych) dokładnie analizowałam pojawy grzybów i nanosiłam miejsca występowania owocników na szkice w skali 1:10; podczas 240 obserwacji wykonałam ich 378. Jest to metoda C z a s t u c h i n a i N i k o ł a j e w s k i e j (1948, 1969), stosowana przez nich w zbiorowiskach leśnych. Wprowadziłam pewne uzupełnienie tej metody, gdyż — jeśli grzyby tworzyły kręgi — miejsca ich owocowania poza granicą powierzchni również nanosiłam na szkice. Przesunięcia linii owocowania u niektórych grzybów obliczałam metodą P a r k e r a - R h o d e s a (1955) stosowaną już przez R u d n i c k ą - J e z i e r s k ą (1971).

PRÓBY KLASYFIKACJI KRĘGÓW

Czarcie kręgi mogą formować się regularnie i osiągać znaczne rozmiary, o ile nie wystąpią jakieś czynniki mechaniczne hamujące ich rozszerzenie się (Parker-Rhodes 1955; Gumińska 1976). Postać kręgu jest ściśle związana z procesem nagromadzenia się humusu i ze zdolnością wykorzystania go przez rosnącą grzybnię (Parker-Rhodes 1955). Grzyby rozkładające obumarłe szczątki roślin, formujące drobne owocniki, skupiają się w kręgi małe i o bardziej stałych kształtach, aniżeli grzyby o dużych owocnikach.

Różnie próbowano klasyfikować sposoby formowania się „czarcich kręgów”, które na ogół są łatwe do obserwacji; miejsca na których powstają, dobrze wyróżniają się w naturalnym zbiorowisku, gdyż składają się z kilku dość wyraźnych stref bujnie rozwijającej się lub też zamierającej roślinności. Kręgi takie mogą więc stanowić odbicie różnych sposobów oddziaływania grzybni na rośliny tworzące kobierzec zielny.

Schantz i Piemeisel (1917) wyróżnili trzy typy kręgów. Jeden z typów przedstawia kręgi formowane przez *Agaricus tabularis* Peck. (= *Melanoleuca tabularis* (Pers.) ss. Métrod), w których zaszły zmiany składu gatunkowego roślin naczyniowych. Podobnej obserwacji w kręgu *Russula delica* Fr. dokonała Dorogostajskaja (Wasiliewa 1973); w tym wypadku nastąpiło stopniowe zarastanie strefy obumierania roślin przez inne gatunki roślin naczyniowych, rzadkich w danym zbiorowisku.

Drugim typem wyróżnionym przez Schantza i Piemeisela (1917) są kręgi budowane przez *Calvatia cyathiformis* (Bosc.) J. Morgan (= *Calvatia lilacina* (Berk. et Mont.) Henn.), w których zaobserwowano strefowe zmiany wzrostu roślin. Zaznaczył się tam wyraźnie stymulacyjny wpływ rozprzestrzeniającej się grzybni na wzrost roślin naczyniowych. Według tych autorów kręgi tego typu formuje wiele gatunków grzybów z rodzajów; *Lycoperdon*, *Calvatia*, *Marasmius*, *Agaricus*, *Tricholoma* i *Catstoma* (= *Disciseda*). Krieger (1935) poszedł dalej, wyróżniając trzy warianty takich kręgów pojawiających się na łąkach, przy czym stwierdził, że pasma martwej strefy wzrostu roślin oraz bujnej strefy nie zawsze są wyraźne.

W kręgach trzeciego typu (Schantz, Piemeisel 1917), formowanych przez *Lepiota morgani* Peck. (= *Chlorophyllum molybdites* (Meyer ex Fr.) Mass., grzybnia nie wywierała żadnego widocznego wpływu na otaczające rośliny naczyniowe. Kręgi tego typu, z brakiem martwej strefy wzrostu roślin oraz wyraźnej różnicy w barwie i intensywności rozwoju roślin wewnątrz koła i poza nim, są na łąkach spotykane najczęściej (Krieger 1935).

TYPY KRĘGÓW NA BADANYCH POWIERZCHNIACH

W okresie badań znalazłam na łąkach śródleśnych (Kampinoski Park Narodowy) 56 gatunków grzybów, z których tylko 15 formowało kręgi, natomiast na łąkach użytkowych (koszonych i niekoszonych w Kazuniu) z 45 gatunków grzybów wytwarzała je tylko połowa. Pozostałe gatunki występowały sporadycznie, zwykle pojedynczo lub w liczbie nie przekraczającej 5 okazów, więc trudno jest mówić o jakimkolwiek typie owocowania. Wielokrotnie spotykałam owocniki skupione wzdłuż linii będącej fragmentem koła lub elipsy. Wtedy często nie można było określić ani średnicy kręgu, ani też umiejscowić jego centrum. Często obserwowałam zjawisko stykania się, przecinania lub wzajemnego przenikania kręgów różnych gatunków grzybów.

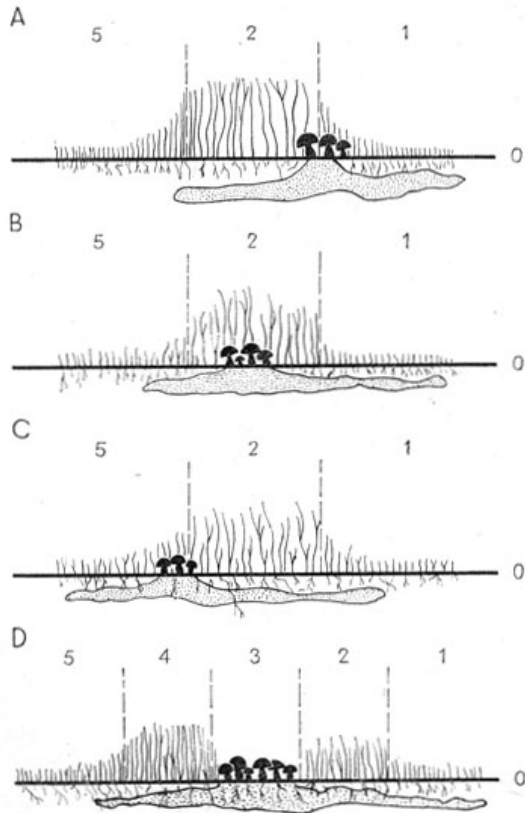
1. Na żadnej z powierzchni nie zaobserwowałam zjawiska formowania kręgów odpowiadających pierwszemu typowi Schantza i Pie-meisela (1917). Nie stwierdziłam też żadnych zmian w składzie gatunkowym roślin naczyniowych w obrębie kolistych skupień owocników w porównaniu ze zbiorowiskiem otaczającym krąg.

2. Kręgi odpowiadające drugiemu typowi budowało tylko 11 gatunków grzybów. Ze względu na dość wyraźnie zaznaczającą się linię wytwarzania owocników w stosunku do strefy wzrostu roślin naczyniowych, wyróżniłam cztery warianty tego typu, inne aniżeli trzy podane przez Kriegera (1935).

Wariant A — linia owocowania znajduje się między strefą środkową a strefą silnego wzrostu roślin naczyniowych (ryc. 1A). W ten sposób owocowały: *Rhodophyllus sericeus* (Bull. ex Fr.) Quél. i *Agaricus campester* (L.) Fr. Kręgi drugiego gatunku obserwował Buller (1958), stwierdzając, że jego grzybnia jest dość trwała i może owocować przez wiele lat rozprzestrzeniając się promieniście co roku. Pilát (1969) wspomina o bardzo dużym kręgu tego typu uformowanym przez *Agaricus maske* (= *Agaricus maskae* Pilát).

Wariant B — linia formowania owocników przebiega wewnątrz strefy silnego wzrostu roślin naczyniowych (ryc. 1B). Na badanych łąkach owocowały w ten sposób. *Lyophyllum decastes* (Fr.) Sing. i *Agrocybe semiorbicularis* (Bull. ex Fr.) Fay. Kręgi drugiego gatunku na wydmach opisał u nas Lewandowski (1949).

Wariant C — linia formowania owocników przebiega wyraźnie między strefą normalnego wzrostu roślin naczyniowych poza kręgiem a strefą ich bujności (Ryc. 1C). W ten sposób owocowały: *Stropharia albo-cyanea* (Desm.) Quél., *S. coronilla* (Bull. ex Fr.) Quél., *Tubaria pellucida* (Bull. ex Fr.) Gill. (ss. Lge.), *Laccaria laccata* (Scop. ex Fr.) Bk. et Br., *Cortinarius junghuhnii* (Fr.) Fr. i *C. porphyropus* Fr. Kręgi takie, duże, formowane



Ryc. 1. Warianty drugiego typu formowania „zczarcich kręgów”: 0 — centrum; 1 — strefa środkowa; 2 — strefa wewnętrzna; 3 — strefa obumierania wzrostu; 4 — strefa zewnętrzna; 5 — strefa poza kręgiem

Variations of the second type of fairy ring formation: 0 — center; 1 — central zone; 2 — inner zone; 3 — zone of cassation of growth; 4 — external zone; 5 — zone outside the ring

na wydmach przez *Laccaria maritima* (Teodorowicz) Sing., obserwowala również Rudnicka-Jeziarska (1971).

Wariant D — linia owocowania leży w strefie obumierania roślin naczyniowych (Ryc. 1D). Masa rozrastającej się grzybni spowodowała jak gdyby rozdzielenie strefy silnego wzrostu roślin naczyniowych na dwa pasma. Tego typu kręgi charakterystyczne są dla *Marasmius oreades* (Bolt. ex Fr.) Fr. Należy dodać, że roślinność wewnątrz koła nie różni się składem gatunkowym od tej, która znajduje się poza kręgiem.

Taką strefowość w tworzonych przez *Marasmius oreades* kręgach zau-

ważył Molliard (Schantz, Piemeisel 1917). Stwierdził on, że po obu stronach linii owocników występowało zielone pasmo bujnych traw. Było ono obfitsze w strefie zewnętrznej niż w wewnętrznej. Obserwacje te powierdzili Schantz i Piemeisel (1917), jak również Wolf (1971); podobne kręgi tworzone w Anglii przez *Marasmius oreades* opisywała wcześniej Bayliss (1911). Grzyb ten, często pojawiający się na stepach, również i tam formuje kręgi (Wasilkow 1955). Podobne kręgi buduje *Clitocybe candida* (= *Leucopaxillus candidus* (Bres.) Sing.) Hennig (1964). Powyższe dane zaprzeczają opinii Kriegera (1935), który uważa, że typ kręgów z wyraźną strefą obumierania roślin jest bardzo rzadki.

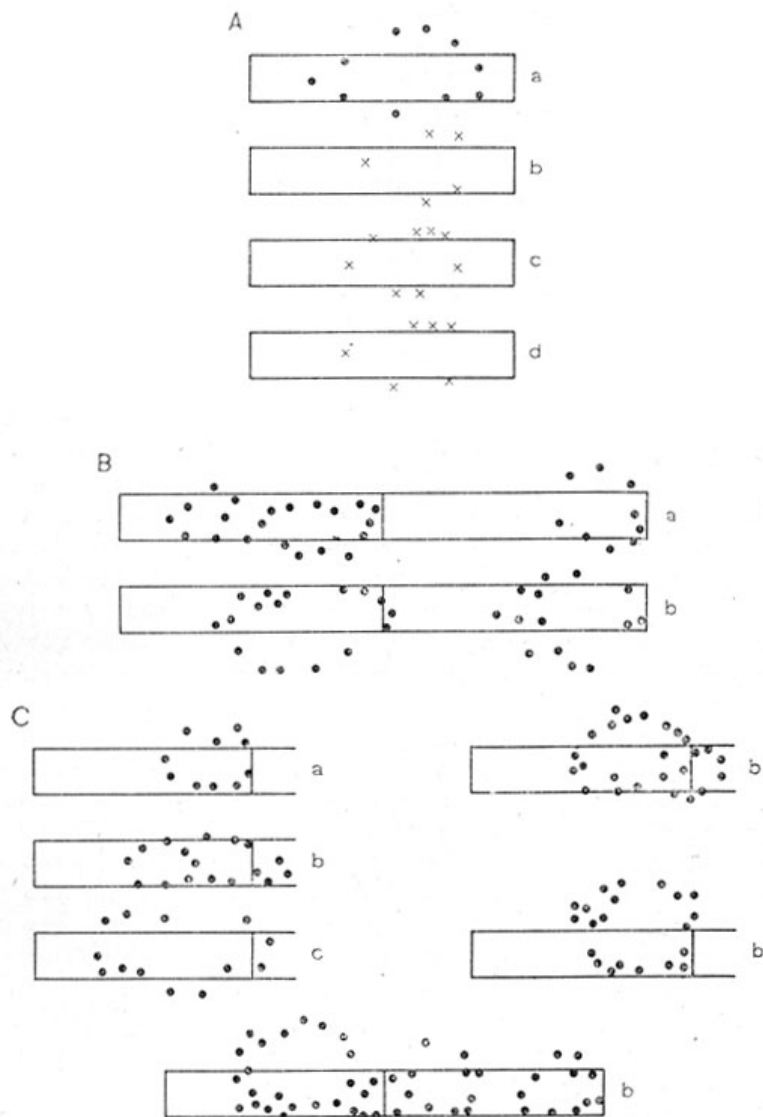
3. Kręgi odpowiadające trzeciemu typowi, nie wykazujące widocznego wpływu rozprzestrzeniającej się grzybni na zmiany we wzroście lub składzie gatunkowym roślin naczyniowych, stwierdziłam na przykładzie 15 gatunków grzybów. Należą do nich: *Marasmius scorodionius* (Fr.) Fr., *Rhodocybe popinalis* (Fr.) Sing., *Psathyrella atomata* (Fr.) Quél., *P. cotonea* (Quél.) Konr. et Maubl., *Stropharia albonitens* (Fr.) Karst., *S. semiglobata* (Batsch et Fr.) Quél., *Hypholoma subericaeum* (Fr.) Kühn., *Pholiotina togularis* (Bull. ex Fr.) Fay., *Galerina sideroides* (Fr.) Kühn., *G. pumila* (Pers. ex Fr.) M. Lge. ex Sing., *Rhodophyllus lividocyanulus* Kühn., *R. mougeotii* Quél., *R. subradiatus* Kühn. et Romagn. *Lactarius pubescens* Fr., *L. torminosus* (Schff. ex Fr.) S. F. Gray.

Grzyby tworzące kręgi związane ze zmianami wzrostu roślin naczyniowych

Do grzybów wyraźnie stymulujących wzrost roślin naczyniowych na łąkach, objawiający się powstaniem dość wyraźnych kolistych stref, równoległych do linii występowania owocników, zaliczyłam 15 gatunków. Do najbardziej interesujących należą: *Rhodophyllus sericeus*, *Laccaria lactata* i *Marasmius oreades*.

Rhodophyllus sericeus (Bull. ex Fr.) Quél. owocował obficie na wszystkich powierzchniach badanych łąk. Linie pojawu owocników w różnych latach lub miesiącach niekiedy pokrywały się, a czasem były nieznacznie wydłużone w stosunku do położenia kręgu zaobserwowanego w miesiącu poprzednim. Kręgi kolisty, mniej liczne, zwykle były zamknięte w przeciwieństwie do eliptycznych i bogatszych w owocniki. W jednym tylko wypadku zanotowałam występowanie kręgu eliptycznego, zamkniętego (1,5 m średnicy), zbudowanego z 12 owocników (ryc. 2A).

W pierwszym roku badań grzyb ten uformował na jednej z powierzchni na łąkach śródleśnych krąg eliptyczny zbudowany z 10 owocników. W cztery lata później zanotowałam występowanie w odstępach prawie miesięcznych (16 VI, 18 VIII, 8 IX) w tym samym miejscu dalszych trzech krę-



Ryc. 2. „Czarcie kręgi”, Dziekanów Leśny: A — *Rhodophyllus sericeus* (Bull. ex Fr.) Quélet.: a — 8 IX 71 r., b — 16 VI 74 r., c — 18 VII 74 r., d — 8 IX 74 r., B — *Laccaria laccata* (Scop. ex Fr.) BK. et Br.: a — 6 VII 71 r., b — 8 IX 71 r.; Kazuń, C — *Marasmius oreades* (Bolt. ex Fr.) Fr.: a — 26 VI 71 r., b — 5 VII 71 r., c — 28 VIII 71 r.

gów. Na drugiej powierzchni grzyb ten zachował się podobnie. Pierwszy krąg, kolisty (1 m średnicy), zamknięty, złożony był z 8 owocników; kręgi późniejsze miały większą średnicę (do 1,5 m) oraz były liczniejsze (12 owocników). W cztery lata później obserwowałam krąg o tej samej średnicy, zamknięty i zbudowany z tej samej liczby owocników; jeśli one pochodziły z tej samej grzybni, to można sądzić, że grzybnia albo zestarzała się, albo zmniejszyły się zasoby pokarmowe w podłożu.

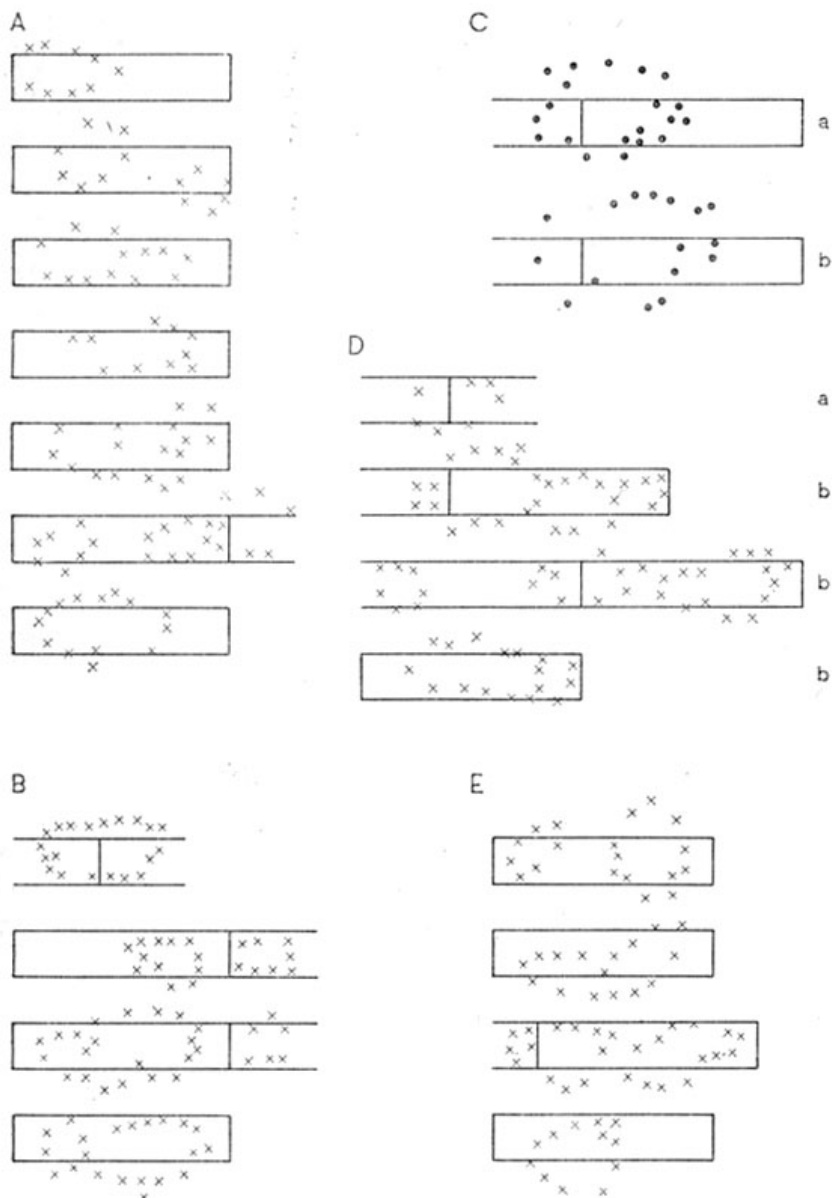
Drugi grzyb, *Laccaria laccata* (Scop. ex Fr.) Bk. et Br., bardzo pospolicie w lasach owocował na łące śródleśnej i wytworzył 5 kręgów o dużej liczbie owocników. Największy (3,5 m średnicy), podobnie jak inny uformowany obok, położony był w tym samym miejscu łąki, co kręgi wytworzone dwa miesiące wcześniej, ale wykazywał zwiększenie w tym czasie swojej średnicy prawie o 1 m (ryc. 2B).

Trzeci gatunek, *Marasmius oreades* (Bolt. ex Fr.) Fr., występował prawie przez cały sezon na powierzchni łąki koszonej. Ogółem znalazłam tam 28 kręgów (najwięcej w lipcu 1971 r.), przeważnie eliptycznych (2-4 m średnicy); kręgi były liczne i często zachodziły za siebie. W większości miejsca ich pojawu pokrywały się, co świadczyłoby albo o słabej ekspansji grzybni, może o pewnych barierach hamujących jej rozprzestrzenianie się lub też o korzystnych w danym miejscu warunkach (ryc. 2C).

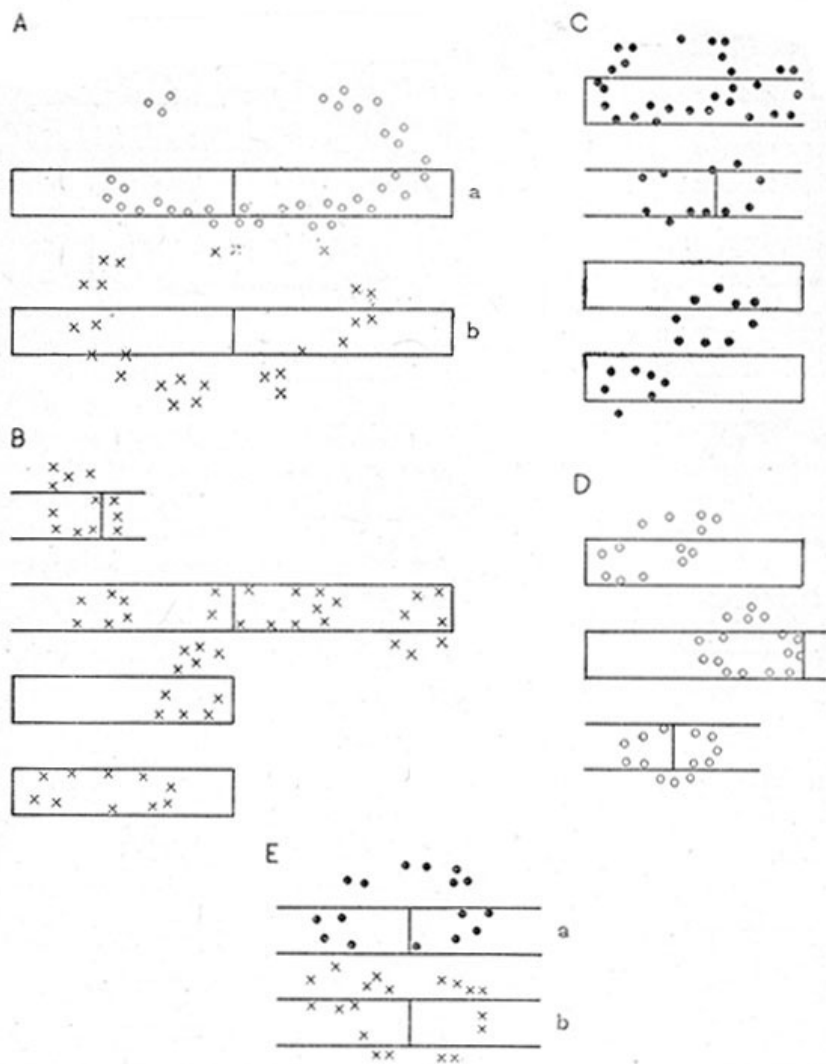
W jednym wypadku w ciągu trzech miesięcy zaobserwowałam zjawisko rozdzielania się grzybni: z początkowo kolistego kręgu powstały dwa mniejsze, po czym nastąpiło jakby połączenie się ich w jeden eliptyczny i duży (4,5 m średnicy) pierścień.

W miarę rozrastania się grzybni linia kręgu zawsze zwiększa się. Obserwacje nad promieniście przesuwanym się kręgiem *Marasmius oreades* prowadził Ingold (1974); krąg uformowany z licznych owocników przesuwał się z szybkością 30-35 cm na rok. Ostatnie kręgi tworzone przez ten gatunek na łąkach obserwował i opisywał Darimont (1973), a na pastwiskach — Grunda (1976). Na łąkach pienińskich owocniki tego gatunku występowały pojedynczo lub w niewielkich skupieniach (Gumińska 1976). Zaobserwowała ona tylko jeden pierścień o średnicy 40 cm, liczący 12 owocników. Obserwując kręgi *Marasmius oreades* na badanych łąkach na niżu często spotykałam zjawisko widocznego co roku przesunięcia się linii owocników w kierunku odśrodkowym.

Powierzchnie na łąkach koszonych charakteryzowały się większą liczbą kręgów powtarzających się w ciągu roku, przeważnie eliptycznych o dłuższej średnicy 1-2,5 m; zwykle składały się one z 7-26 owocników: *Agaricus campester* (L.) Fr. (ryc. 3B) i *Stropharia albo-cyanea* (Desm.), Qué. (Ryc. 3D). Podobne kręgi, lecz małe (1 m średnicy), koliste, tworzyły tam późną jesienią: *Stropharia coronilla* (Bull. ex Fr.) Qué. (ryc. 3A) i *Tubaria pellucida* (Bull. ex Fr.) Gill. (ss. Lge.) (ryc. 3E). Nakładanie się kręgów lub ich

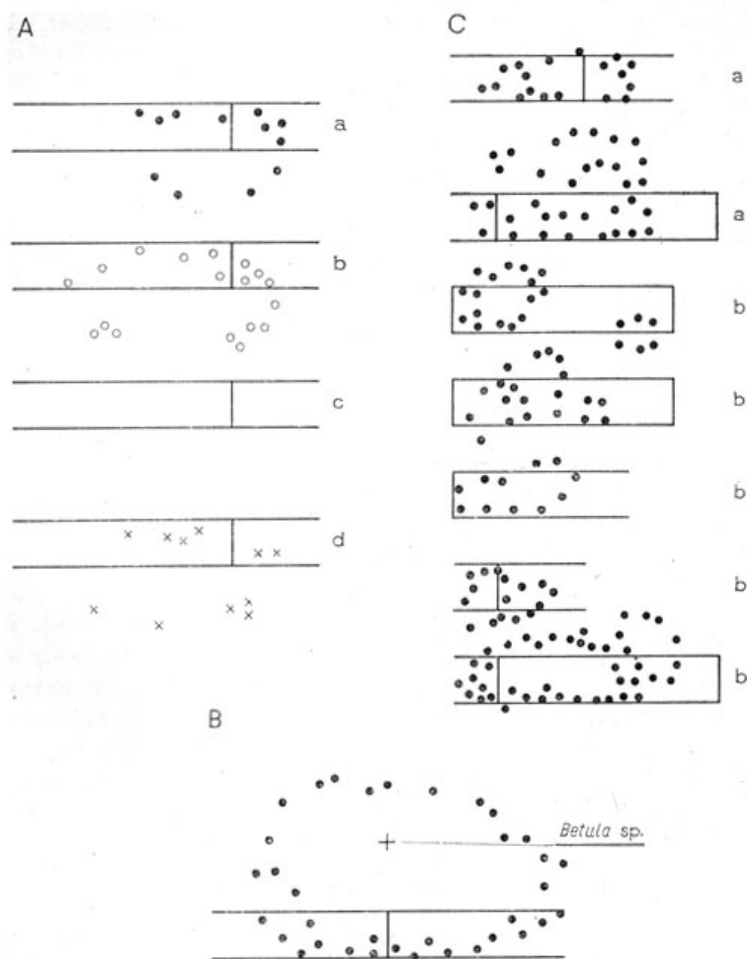


Ryc. 3. „Czarcie kręgi”, Kazuń: A — *Stropharia coronilla* (Bull. ex Fr.) Quélet.: 19 X 74 r.; B — *Agaricus campester* (L.) Fr.: 28 IX 74 r.; C — *Agrocybe semiorbicularis* (Bull. ex Fr.) Fay: a — 26 VI 71 r., b — 5 VII 71 r.; D — *Stropharia albo-cyanea* (Desm.) Quélet.: a — 22 X 74 r.; E — *Tubaria pellucida* (Bull. ex Fr.) Gill. (ss. Lge): 5 XI 74 r.



Ryc. 4. „Czarcie kręgi”, Kazuń: A — *Lyophyllum decastes* (Fr.) Sing.: a — 18 X 72 r., b — 5 XI 74 r.; B — *Psathyrella atomata* (Fr.) Quélet.: 11 VII 74 r.; C — *Pholiotina togularis* (Bull. ex Fr.) Fay.: 6 IX 71 r.; D — *Marasmius scorodonius* (Fr.) Fr.: 29 IX 72 r.; E — *Hypholoma subericacum* (Fr.) Kühn.: a — 6 IX 71 r., b — 19 X 74 r.

przesuwanie obserwowalam po dwóch latach lub nawet po miesiącu na przykładzie *Agrocybe semiorbicularis* (Bull. ex Fr.) Fay. (ryc. 3C i *Lyophyllum decastes* (Fr.) Sing. (ryc. 4A).



Ryc. 5. „Czarci kręgi”, Dziekanów Leśny: A — *Galeria pumila* (Pers. ex Fr.) M. Lge. ex Sing.: a — 5 VI 71 r., b — 17 V 72 r., c — 13 VII 72 r., d — 13 X 74 r.; B — *Lactarius pubescens* Fr.: 8 IX 71 r.; Kazuń, C — *Galerina sideroides* (Fr.) Kühn.: a — 16 X 71 r., b — 6 XI 71 r.

Przyczyny takich zjawisk można doszukiwać się w naruszeniu kosze-
niem równowagi zbiorowiska roślinnego, w zwiększeniu amplitud do-
bowych temperatury, zmniejszeniu stopnia wilgotności powietrza, zwiększe-
niu nasłonecznienia, pewnych zmianach w metabolizmie roślin itp.

Natomiast kręgi utworzone na łące śródleśnej przez *Cortinarius jung-
huhnii* (Fr.) Fr. i *C. porphyropus* Fr. były niewielkie i nie wykazywały

przesunięć wyraźnych. W ich pobliżu znajdowała się kępa drzew i krzewów liściastych; prawdopodobnie grzyby te związane były z nimi mikoryzą, dlatego nie pojawiały się w innych miejscach na łące.

Grzyby tworzące kręgi nie związane ze wzrostem roślin naczyniowych

Przy pojawianiu się kręgów utworzonych przez wiele gatunków grzybów na łąkach nie obserwowałam różnic we wzroście roślin naczyniowych. Na powierzchni koszonej były to kręgi na ogół małe (1-1,5 m średnicy), o stosunkowo licznych owocnikach (8-22). Tworzyły je: *Psathyrella atomata* (Fr.) Quél., *Pholiotina togularis* (Bull. ex Fr.) Fay., *Marasmius scorodoni* (Fr.) Fr., *Hypholoma subericaceum* (Fr.) Kühn., *Rhodocybe popinalis* (Fr.) Sing., *Psathyrella cotonea* (Quél.) Konr. et Maubl., *Stropharia albonitens* (Fr.) Karst., *S. semiglobata* (Batsch ex Fr.) Quél., — (ryc. 4B-E).

Na łąkach śródleśnych kręgi były trudniejsze do zaobserwowania ze względu na wysokość kobierca zielnego. Zanotowałam jednak nie tylko sporadyczne pojawianie się kręgów (*Rhodophyllus mougeotii* Quél., *R. subradiatus* Kühn. et Romagn.), ale również występowanie ich co roku (*R. lividocyanulus* Kühn.). Najwięcej kręgów tworzyła *Galeria pumila* (Pers. ex Fr.) M. Lge ex Sing. (ryc. 5A) owocująca prawie przez pełny sezon wegetacyjny oraz *G. sideroides* (Fr.) Kühn. (ryc. 5C). Wokół samotnie rosnącej na łące brzozy utworzyły kręgi dwa mleczaże; *Lactarius pubescens* Fr. (ryc. 5B) i *L. torminosus* (Schff. ex Fr.) Gray. Obecność tego drzewa oraz odpowiednia wilgotność podłoża pozwoliły tym mikoryzowym grzybom zaowocować dość obficie w mało typowym dla nich zbiorowisku.

Uwagi dotyczące formowania „czarcich kręgów”

Budowanie „czarcich kręgów” jest w różnych pracach rozmaicie tłumaczone. Jest oczywiste, że wzrost grzybni musi powodować wyczerpywanie się naturalnych substancji pokarmowych w danym miejscu. Grzybnia penetruje więc aktywnie nowe warstwy gleby dążąc do bogatszego podłoża. Według Parkera - Rhodesa (1955) jest to tzw. reprodukcyjny wzrost grzybni na nowe miejsce.

Wewnątrz kręgu pozostaje stara grzybnia, rozprzestrzeniająca się w glebie na głębokości 5-10 cm i niezdolna do intensywnego wzrostu; nad nią odśrodkowo rozrasta się młoda grzybnia (Schantz, Piemeisel 1917). Natomiast na peryferiach kręgów grzybnia rośnie szybko, zwiększając swoją masę i obficie owocując. Takie nagromadzenie się grzybni wywołuje zmiany fizyczno-chemiczne w glebie (Grunda 1976), a także nie pozostaje bez wpływu na otaczającą roślinność.

Jak twierdzi Molliard (Wasiliewa 1973), gleba w kręgu jest bardzo zmieniona, z czarnej i wilgotnej staje się bielicza, pylista i sucha. Wykonana przez niego analiza wykazała, że w glebie strefy owocowania było 5% wody, a w warstwie zbielicowania zewnętrznej strefy wzrostu — 7%, natomiast w glebie niezmienionej, poza kręgiem — 21%. Obfity wzrost grzybni chłonej wodę ze strefy korzeniowej powodował wysuszenie gleby. Schantz i Piemeisel (1917) stwierdzili, że w glebie z grzybnią było 0,6% wody, a bez niej — 11,6%.

Badania Bayliss (1911) wykazały większe nasiąkanie gleby na zewnątrz pierścienia (do 10 cm), podczas gdy w „martwej strefie” woda nie wnikała nawet do warstw powierzchniowych. Hennig (1964) twierdził, że w takiej obumarłej strefie powstaje tzw. fizjologiczna susza, co jest przyczyną wysychania roślin.

Odpowiednie warunki wilgotnościowe nie tylko hamują wzrost roślin naczyniowych, a niekiedy przyczyniają się do zmiany ich składu gatunkowego. Rozwój i rozprzestrzenianie się grzybni w glebie może więc w widoczny sposób wpływać na otaczającą roślinność powodując powstawanie nagich stref w obrębie kręgów. Schantz i Piemeisel (1917) podtrzymują twierdzenie, że obumieranie traw i innych roślin w kręgach na łąkach jest wynikiem silnego wzrostu grzybni. Nie stwierdzono, czy grzybnia rosnąc wzdłuż korzeni roślin zabija je. Wiadomy jest fakt atakowania korzeni różnych roślin naczyniowych przez grzyby glebowe, które przyczyniają się do ich obumierania.

Innym dodatkowym czynnikiem hamującym wzrost roślin jest duża koncentracja związków azotowych i szkodliwych substancji w warstwach starej grzybni (Molliard: Schantz, Piemeisel 1917). Należy dodać, że obok strefy obumierania występuje strefa silnego wzrostu, która — dzięki silnemu rozwojowi roślin naczyniowych — powoduje jeszcze większe wysuszenie gleby, przyczyniając się do pogorszenia się warunków wilgotnościowych. Duże nagromadzenie się związków azotowych w obumarłej strefie jest nawet śmiertelne dla roślin (Backer 1956). Jak twierdzi Gu mińska (1976) w końcowym etapie silnego wzrostu grzybni — przed uformowaniem się owocników — zaznacza się dość wyraźnie pasmo wyschniętych roślin.

Natomiast obfity wzrost roślin żywo zielony kolor w strefie bujnego ich rozwoju jest wynikiem lepszej zasobności gleby w związki azotowe (Molliard: Wasiliewa 1973). Analiza Molliarda wykazała, że azotu amoniakalnego było więcej poza kręgiem (37 mg na 100 g suchej gleby) niż w jego centrum, a w strefie owocników aż 80 mg. Grzybnia w strefie obfitego owocowania jest najbardziej żywotna, a wszelkie procesy chemiczne wywołane jej rozwojem odbywają się intensywnie. Rośliny w pobliżu tej

strefy, dzięki obecności łatwo przyswajalnych związków azotowych, wykazują większą żywotność.

Badania Müllera (1942/43) wykazały, że zawartość chlorofilu i związków azotowych u wybranych gatunków roślin kwiatowych była inna w obrębie ciemnozielonej strefy i poza nią. Dane te potwierdzają wyniki badań Schantza i Piemeisela (1917) na wielu innych gatunkach. W glebie obficie przerośniętej przez grzybnię znaleźli oni dużo azotu amoniakalnego, a w warstwie starej grzybni — dużo azotu azotanowego.

Na podstawie tych danych można sądzić, że ten ważny czynnik stymulacyjny, jakim jest naturalne wzbogacanie się gleby w związki azotu, powstaje w wyniku rozkładu materiału organicznego. Stare owocniki i grzybnia wewnątrz kręgu są dodatkowym źródłem azotu i innych substancji pokarmowych wyzwalanych do środowiska dzięki saprofitycznemu działaniu różnych reducentów.

Obserwując powoju owocników na różnych typach łąk na niżu mogą stwierdzić, że niektóre gatunki występują w pewnych miejscach jednorazowo, a inne owocują rokrocznie tworząc „czarcie kręgi”. Grzybnia wytwarza w zależności od kształtujących się warunków siedliska nietrwale owocniki. Badanie szybkości i sposobu rozrastania się grzybni w glebie jest dość trudne. O wzroście grzybni możemy jedynie wnioskować opierając się na zarejestrowanych powojach owocników, które są końcowym efektem jej rozwoju.

STRESZCZENIE

Obserwacje „czarcich kręgów” na łąkach (śródleśnych, rezerwatowych oraz użytkowych, koszonych) w okolicach Warszawy prowadziłam w sezonie wegetacyjnym 1971-1974 (sezon 1973 roku był bardzo suchy — badań nie prowadzono). Podczas każdej obserwacji (w odstępach mniej więcej tygodniowych) dokładnie analizowałam powoju grzybów i nanosiłam miejsca występowania owocników na szkice w skali 1 : 10; podczas 240 obserwacji wykonałam ich 378. W okresie badań na łąkach śródleśnych tylko 15 gatunków formowało kręgi, natomiast na łąkach użytkowych 22 gatunki. Pozostałe gatunki występowały sporadycznie, zwykle pojedynczo lub w liczbie nie przekraczającej 5 okazów.

Na żadnej z powierzchni nie zaobserwowałam zjawiska formowania kręgów przy jakimkolwiek wpływie na skład gatunkowy roślin naczyniowych w obrębie kolistych skupień owocników i poza nim.

Ze względu na dość wyraźnie zaznaczającą się linię wytwarzania owocników w stosunku do strefy wzrostu roślin naczyniowych u 11 gatunków, wyróżniłam 4 warianty tego typu formowania kręgów.

Wariant A — linia owocowania znajduje się między strefą środkową kręgu a strefą silnego wzrostu roślin naczyniowych. W ten sposób owocowały: *Rhodophyllus sericeus* (Bull. ex Fr.) Quéf. i *Agaricus campester* (L.) Fr.

Wariant B — linia formowania owocników przebiega wewnątrz strefy silnego wzrostu roślin naczyniowych. Na badanych łąkach owocowały w ten sposób: *Lycophyllum decastes* (Fr.) Sing. i *Agrocybe semiorbicularis* (Bull. ex Fr.) Fay.

Wariant C — linia formowania owocników przebiega wyraźnie między strefą normalnego wzrostu roślin naczyniowych poza kręgiem, a strefą ich bujności. Takie kręgi budowało 5 gatunków grzybów z rodzaju: *Stropharia*, *Tubaria*, *Laccaria* i *Corinarius*.

Wariant D — linia owocowania leży w strefie obumierania roślin naczyniowych. Tego typu kręgi charakterystyczne są dla *Marasmius oreades* (Bolt. ex Fr.) Fr.

Najwięcej gatunków, bo 15 wytwarzało kręgi nie wykazujące wyraźnego wpływu rozprzestrzeniającej się grzybni na zmiany we wzroście lub składzie gatunkowym roślin naczyniowych.

Ogółem wśród znalezionych gatunków można wyróżnić grupę grzybów tworzących kręgi związane ze zmianami wzrostu roślin naczyniowych. Zjawisko to objawiało się powstawaniem dość wyraźnych kolistych stref, równoległych do linii występowania owocników.

Znacznie więcej grzybów formowało kręgi nie związane ze wzrostem roślin naczyniowych, ani też z ich zmianą składu gatunkowego.

Budowanie „czarcich kręgów” przez grzyby kapeluszowe jest w różnych pracach rozmaicie tłumaczone. Wzrost grzybni jest uzależniony od kształtujących się warunków siedliska, a także musi powodować wyczerpywanie się naturalnych substancji pokarmowych w danym miejscu. Kręgi mogą więc stanowić pewne odbicie różnych sposobów oddziaływania grzybni na rośliny naczyniowe tworzące kobierzec zielny na łące. O sposobie wzrostu grzybni możemy jedynie wnioskować opierając się na pojawach owocników, które są końcowym efektem jej rozwoju. Dlatego badania szybkości wzrostu i sposobu rozprzestrzeniania się grzybni w glebie są dość trudne.

LITERATURA

- Bayliss J. S., 1911, Observations in *M. oreades* and *Clitocybe gigantea* as parasitic fungi causing "fairy rings", Journ. Econom. Biol. 6: 111-132.
- Backer G., 1956, Observations sur l'écologie des champignons supérieurs, Ann. Sci. Univ. Besancon, 7: 15-128.
- Buller A. H. R., 1958, Researches on fungi, 2: 363-169, 3: 2-3.
- Czastuchin W. Ja., Nikołajewskaja M. A., 1969, Biologiczeskij raspad i resintez organiczeskich wieszczestw w prirodie, Ekologo-sistematiczeskije i fizjologiczeskije issledowanija. Leningrad.
- Darimont F., 1973, Recherches mycosociologiques dans les forêts de haute Beligiques, Inst. Roy. Scien. Natur. Belg. 1: 1-200.
- Grunda B., 1976, Vliv houbových „čarodějných kruhů” na půdi vlastnosti, Čes. Myc., 30 (1): 27-32.
- Gumińska B., 1976, *Macromycetes* łąk w Pien. Parku Narod., Acta Mycol., 12: 3-75.
- Hennig B., 1964, Handbuch für Pilzfreunde, 3, Jena.
- Hora F. B., 1959, Quantitative experiments on toadstool production in woods, Trans. Brit. Mycol. Soc., 42: 1-14.
- Ingold C. T., 1974, Growth and death of a fairy ring, Bull. Brit. Mycol. Soc. Vol., 8: 74-75.
- Krieger L. C. C., 1935, A popular guide to the higher fungi (mushrooms) of New York State, Albany.
- Lebiediewa L. A., 1937, Griby, zagotowka i piererabotka, Leningrad. Moskwa.
- Lewandowski I., 1949, Grzyby Wydmy Zadroże, Studia Soc. Sci. Torun. Suppl. 1: 1-2.

- Müller D., 1942/43, Über Chlorophyll — und Stickstoff gehalt in Hexenringen von *M. oreades*, *Friesia*, 2: 221-223.
- Parker-Rhodes E., 1955, Fairy ring kinetics, *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 38: 59-72.
- Pilát A., 1969, Houby Československa ve svem životním prostředí, Praha.
- Rudnicka-Jeziarska W., 1971, Studia nad grzybami psammofilnymi w Puszczy Kampinoskiej, *Acta Mycol.* 7: 105-139.
- Schantz H. L., Piemeisel R. L., 1917, Fungus fairy rings in Eastern Colorado and their effect on vegetation. *Jurn. Agric. Res.*, 11: 191-245.
- Wasiliewa L. H., 1973, Agarikowye szlapocznyje griby (*Agaricales*) Primorskowo Kraja. Leningrad.
- Wolf Fr. A., Wolf Fr. T., 1948, *The fungi*. 1. London.
- Wolf Fr. T., 1971, An unusual occurrence of fairy rings. *Mycol.*, 63: 671-672.