

Prądnik. Prace Muz. Szafera	35	083–090	2025
-----------------------------	----	---------	------

SEBASTIAN PISKORSKI<sup>1,2\*</sup> , MARIUSZ KRUPIŃSKI<sup>3</sup> ,  
MAŁGORZATA RUSZKIEWICZ-MICHALSKA<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Łódzkiego  
90-237 Łódź, ul. Matejki 21/23, \*e-mail: sebastian.piskorski@edu.uni.lodz.pl

<sup>2</sup>Katedra Algologii i Mykologii, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego  
90-237 Łódź, ul. Banacha 12/16

<sup>3</sup>Katedra Mikrobiologii Przemysłowej i Biotechnologii  
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego, 90-237 Łódź, ul. Banacha 12/16

## NOWE DANE O ROZMIESZCZENIU I PREFERENCJACH SIEDLISKOWYCH *PENICILLIUM VULPINUM* W POLSCE

### New data on the distribution and habitat preferences of *Penicillium vulpinum* in Poland

**Abstract.** This paper reports the rediscovery of the synnematosus fungus *Penicillium vulpinum* (Cooke & Masee) Seifert & Samson in Poland, nearly five decades after its original description. We document the first Polish records of synnemata (coremia) formed in situ on natural substrates. In addition, we provide notes on the fungus's substrate, habitat, and ecology, and discuss plausible mechanisms that may explain its occurrence across diverse ecosystems and ecological niches.

**Key words:** synnematosus penicillia, coprophilous fungi, cave mycobiota, karst caves, arthropod vectors

## WSTĘP

Grzyby z rodzaju *Penicillium* należą do powszechnie występujących mikroorganizmów zarówno w środowiskach naturalnych, jak i antropogenicznych. Ich znaczna różnorodność taksonomiczna (ponad 500 opisanych gatunków) odzwierciedla szerokie spektrum zasiedlanych siedlisk i substratów (International Commission of Penicillium and Aspergillus, 2025). Z perspektywy człowieka, wiele gatunków stanowi problem w rolnictwie i przemyśle spożywczym, ponieważ jako szybko kolonizujące saprotrofy powodują redukcję plonu oraz pogorszenie parametrów jakościowych owoców i warzyw. Ponadto wytwarzają mykotoksyny szkodliwe dla zdrowia ludzi i zwierząt. Z drugiej strony przedstawiciele tego rodzaju odegrali kluczową rolę w rozwoju medycyny – odkrycie penicyliny w XX wieku zrewolucjonizowało leczenie zakażeń bakteryjnych (Visagie i in., 2014; Akaniro i in., 2023).

Na tle tej różnorodności wyróżnia się niewielka grupa gatunków wytwarzających synnemy (koremia), tj. gęste sploty strzępek z częścią dolną o budowie zwartej i rozgałęzioną częścią górną, na której powstają konidia (Kirk i in., 2008).

Jednym z nich jest *Penicillium vulpinum* (Cooke & Masee) Seifert & Samson. Taksony te można obserwować makroskopowo w środowisku naturalnym, jednak dane dotyczące ich rozmieszczenia i ekologii w Polsce pozostają wciąż ograniczone. Ostatnie doniesienia o występowaniu *P. vulpinum* w naszym kraju pochodzą z ubiegłego wieku, przede wszystkim z badań mikrobioty gleb (Krzemieniewska & Badura, 1954; Miłkowska & Gorzelak, 1966; Gierczak, 1967), a także z piaskownicy przeznaczonej do zabawy dla dzieci w Szczecinie (Dominik i in., 1973) oraz z resztek roślinnych wykorzystywanych jako pasza dla zwierząt gospodarskich (Rutkowska & Wojciechowska, 1978). Seifert i Samson (1986), wprowadzając nową kombinację nazwy *Penicillium vulpinum*, określili go jako koprofilny, rozwijający się głównie na odchodach królików, natomiast we współczesnej literaturze bywa on ujmowany jako endofit zasiedlający tkanki żywych roślin (Qin i in., 2019; Qin i in., 2020).

Celem niniejszego artykułu jest uaktualnienie wiedzy na temat rozmieszczenia *P. vulpinum* w Polsce oraz charakterystyki siedlisk i substratów zasiedlanych przez ten gatunek.

## MATERIAŁY I METODY

### Miejsca i terminy zbiorów

Materiał do badań zbierano na terenie województwa zachodniopomorskiego, śląskiego oraz małopolskiego, w terminach 14.09.2024 – 22.08.2025 r. Szczegółowe informacje dotyczące miejsc oraz terminów zbiorów zawiera tabela 1.

Tabela 1. Miejsca oraz terminy zbiorów materiałów do badań

Table 2.. Locations and dates of research material collection

Lokalizacja locality	Jednostka administracyjna/obszar Administrative unit/area	Data obserwacji Observation date	Numer inwentarzowy jaskini Cave inventory number
Rezerwat Cisy Tychowskie	woj. zachodniopomorskie Równina Białogardzka	14.09.2024	–
Jaskinia Zegar	woj. małopolskie Wyżyna Krakowsko-Częstochowska	23.04.2025	J.Cz. IV-04.4 7
Jaskinia w Straszycowej Górze	woj. śląskie Wyżyna Krakowsko-Częstochowska	24.04.2025	J.Cz. IV-03.13
Jaskinia w Mącznej Skale Dużej	woj. małopolskie Wyżyna Krakowsko-Częstochowska	29.07.2025	J.Olk.I-04.51
Jaskinia Krakowska	woj. małopolskie Wyżyna Krakowsko-Częstochowska	05.08.2025	J.Olk.I-02b.160
Jaskinia Okopy Wielka Dolna	woj. małopolskie Wyżyna Krakowsko-Częstochowska	22.08.2025	J.Olk.I-02a.123



Ryc. 1. Muchówka z rodziny Heleomyzidae porośnięta grzybnią *Penicillium vulpinum*, znaleziona w Jaskini Zegar. Fot. S. Piskorski

Fig. 1. Heleomyzid fly (Heleomyzidae) overgrown by the mycelium of *Penicillium vulpinum*, collected in the Zegar Cave. Photo by S. Piskorski

### **Pobór i transport próbek**

Materiał zebrany w terenie przenoszono do sterylnych probówek typu Eppendorf (1,5 ml) i transportowano do laboratorium w warunkach ograniczających kontaminację.

### **Izolacja i hodowla**

Konidia *Penicillium vulpinum* pobierano z dojrzałych, sporulujących kolonii przy użyciu sterylnej ezy mikrobiologicznej ( $\varnothing$  wewn. oczka – 3 mm), a następnie przenoszono na powierzchnię standardowych podłoży stosowanych w hodowli grzybów należących do tego rodzaju: agar Czapka z autolizatem drożdżowym (CYA; ang. *Czapek Yeast Autolysate Agar*; prod. HiMedia, Niemcy) oraz agar z ekstraktem słodowym (MEA; ang. *Malt Extract Agar*; prod. Merck, Niemcy) (Visagie i in., 2014). Kultury inkubowano przez 7 dni w temperaturze 25 °C, w ciemności.

### **Identyfikacja morfologiczna**

Z siedmiodniowych hodowli rosnących na podłożu MEA przygotowano preparaty mikroskopowe do oceny cech mikromorfologicznych (m.in. budowa i morfometria konidioforów, układ i kształt fialid, konidiów). Obserwacje wykonano przy użyciu mikroskopu świetlnego wyposażonego w obiektywy z co najmniej  $\times 1000$  powiększeniem (z olejkiem immersyjnym). W celu identyfikacji i opisanie cech mikroskopowych oraz cech hodowli, korzystano z następującej literatury: Seifert & Samson, 1986; Visagie i in., 2014.

## WYNIKI

### Nowe stanowiska i rozmieszczenie

Stwierdzono obecność *Penicillium vulpinum* (Aspergillaceae, Eurotiales, Ascomycota, Fungi) w sześciu lokalizacjach w Polsce (jedno stanowisko na Równinie Białogardzkiej oraz pięć stanowisk na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej) (tab. 1).

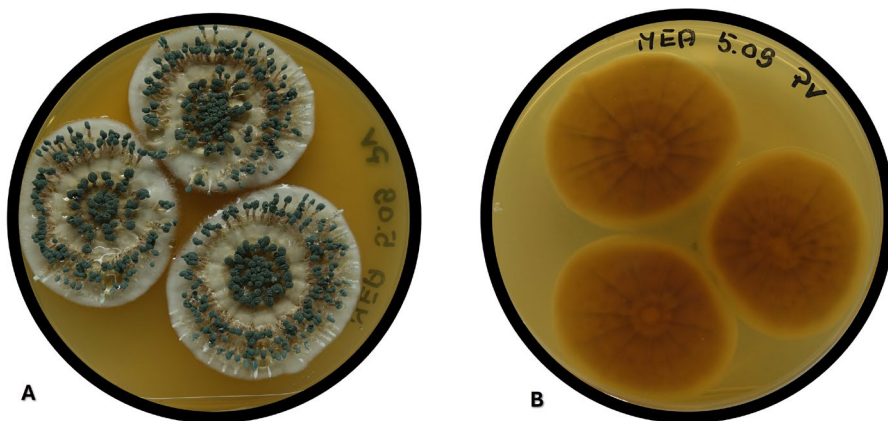
### Siedlisko i substrat

Okazy *Penicillium vulpinum* zbierano w dwóch typach środowisk – w ekosystemie leśnym oraz w jaskiniach krasowych. W rezerwacie Cisy Tychowskie kolonie występowały na odchodach gryzonia osadzonych wśród mchów na pniu cisa pospolitego (*Taxus baccata* L.). Synnemy były wyraźnie wykształcone i łatwo dostrzegalne *in situ*. W Jaskini Krakowskiej, Jaskini w Mącznej Skale Dużej, Jaskini w Straszycowej Górze oraz Jaskini Okopy Wielkiej Dolnej, gatunek zaobserwowano na odchodach gryzoni w strefie ciemnej i także w tych lokalizacjach synnemy były liczne i dobrze widoczne. Warunki mikroklimatyczne w strefie ciemnej wynosiły: Jaskinia Krakowska — 13,0 °C i 90,6% wilgotności względnej; Jaskinia Okopy Wielka Dolna — 16,4 °C i 82,8%; Jaskinia w Straszycowej Górze — 8,9 °C i 91,6%; Jaskinia Duża w Mącznej Skale — 12,3 °C i 82,8%. Odmianą sytuację stwierdzono w Jaskini Zegar, gdzie z próby pobranej ze strefy mroku wyizolowano *P. vulpinum* z muchówki z rodziny Heleomyzidae (błotniskowate) (ryc. 1), typowo związanej z ekosystemami jaskiń. Był to jedyny przypadek, w którym zaobserwowano wyłącznie grzybnię bez wykształconych synnem. W momencie poboru w strefie mroku panowały warunki: temperatura 10,9 °C, a wilgotność względna 72,7%.

### Hodowla i cechy mikromorfologiczne

Konidia pobrano z hodowli prowadzonych na agarze Czapka z autolizatem drożdżowym (CYA) oraz agarze z ekstraktem słodowym (MEA) przez siedem dni w 25 °C, w ciemności. Po 7 dniach inkubacji nie stwierdzono istotnych różnic w cechach kolonii na obu podłożach (ryc. 2). Kolonie szybko rosnące, o średnicy 32–37 mm, płaskie, białe, promieniście strefowane. Synnemy wyrastające koncentrycznie od centrum kolonii, liczne, ściśle skupione, maczugowate, brunatniejące od podstawy ku szczytowi. Brzegi kolonii równe, regularne; grzybnia powierzchniowa biała. Wysięki nieobecne; brak barwników dyfuzyjnych w podłożu. Od spodu barwa jasnożółta do kremowej, z wyraźnym promienistym strefowaniem.

Preparaty mikroskopowe wykazały cechy zgodne z diagnostycznym opisem *P. vulpinum* według Seiferta i Samsona (1986): synnemy pojedyncze, rosnące koncentrycznie od środka kolonii, nierozgałęzione, z elipsoidalną główką; początkowo białe, z czasem ciemniejące od podstawy ku szczytowi (od odcieni rdzawobrunatnych do brunatnych), osiągające ok. 5 mm wysokości (ryc. 3). Strzępki w synnemie ułożone równolegle. Konidiofory rozgałęzione dichotomicznie, bez przegród, przechodzące w metule o wymiarach 6,5–12 × 2,5–3 μm. Fialidy pojedyncze, 8–12,5 × 2–3 μm. Konidia w masie szarozielone, elipsoidalne, 3,5–5 × 2–4 μm, o gładkich ścianach.



Ryc. 2. Kolonie *P. vulpinum* na agarze z ekstraktem słodowym (MEA) po 7 dniach hodowli w 25 °C; A — awers, B — rewers. Fot. S. Piskorski

Fig. 2. Colonies of *P. vulpinum* grown on malt extract agar (MEA) after 7 days at 25 °C; A – obverse, B – reverse. Photo by S. Piskorski



Ryc. 3. Synnemata *P. vulpinum* na agarze z ekstraktem słodowym (MEA). Fot. P. Hikisz

Fig. 3. Synnemata of *P. vulpinum* on malt extract agar (MEA). Photo by P. Hikisz

## DYSKUSJA

Kluczowym zagadnieniem dotyczącym rozmieszczenia *Penicillium vulpinum* w Polsce jest fakt, że dotychczas nie odnotowano jego formy synnematycznej, a izolaty pochodziły z różnych substratów (gleb i materiału roślinnego). Prezentowane w pracy obserwacje dokumentują występowanie dobrze rozwiniętych koremiów *in situ* w pięciu z sześciu lokalizacji, co rozszerza dotychczasową wiedzę o biologii i ekologii tego gatunku w kraju.

Izolacje *P. vulpinum* z gleb i resztek roślinnych są spójne z hipotezą endofitycznego trybu życia tego gatunku sugerowaną w piśmiennictwie. Na przykład, w Chinach wyizolowano ten gatunek z korzeni rośliny zielnej *Sophora tonkinensis*, co wskazuje na jego potencjalną obecność w tkankach żywiciela (Qin i in., 2019). Taki model ekologiczny może wyjaśniać częste występowanie stadium synnematycznego na odchodach roślinożerców. Materiał roślinny (w tym tkanki zasiedlone endofitycznie) staje się substratem po przejściu przez przewód pokarmowy, na którym rozwija się koprofilne stadium saprotroficzne. Jest to zgodne z ujęciem Seiferta i Samsona (1986), którzy akcentowali koprofilny charakter taksonu i częste występowanie na odchodach królików.

W kontekście danych literaturowych, szczególną uwagę zwraca odnotowana obecność *P. vulpinum* na muchówce z rodziny Heleomyzidae w Jaskini Zegar. Był to jedyny przypadek, w którym obserwowano grzybnię bez wykształconych synnem. Doniesienia naukowe wskazują, że owady mogą pełnić rolę wektorów zarówno grzybów patogenicznych dla roślin, jak i endofitów. Prezentowane w pracy wyniki sugerują, że *P. vulpinum* może okresowo występować także na bezkręgowcach związanych z ekosystemami jaskiniowymi. Należy przy tym podkreślić, że pierwsze doniesienia o identyfikacji tego gatunku na bezkręgowcach również pochodzą z ekosystemów heterotroficznych: jaskini zlokalizowanej w Rumunii oraz z jaskini na Słowacji. W obu tych przypadkach grzyb ten rozwijał się na martwych ciałach dwóch gatunków pajęczaków (*Agracina cristiani* i *Meta menardi*) (Nováková i in., 2018).

Alternatywne wyjaśnienie obecności *P. vulpinum* na bezkręgowcach w jaskiniach stanowi hipoteza pasywnego transferu. Gatunek ten może być wprowadzany do środowiska podziemnego wraz z odchodami roślinożerców, a następnie rozwijać się na dostępnych substratach (koprofit, saprotrof) i/lub być mechanicznie przenoszony przez saprofagiczne owady. Jaskinie jako ekosystemy heterotroficzne, zależne od dopływu allochtonicznej materii organicznej, tworzą specyficzną niszę, w której oba scenariusze endofityczno-koprofilny oraz pasywno-wektorowy mogą współistnieć.

Podsumowując, obserwacje stadium synnematycznego *P. vulpinum* w pięciu lokalizacjach badawczych oraz jednostkowe jego stwierdzenie na muchówce, wskazują na szerszy zakres strategii ekologicznych tego gatunku niż dotąd zakładano. Dalsze badania powinny łączyć dokumentację morfologiczną i hodowlaną z weryfikacją molekularną oraz ukierunkowanym monitoringiem potencjalnych wektorów w strefach jaskiń. Takie podejście metodologiczne umożliwi określenie w jakim stopniu obserwowane w naszych badaniach wystąpienia *P. vulpinum* wynikają z endofityzmu i koprofilnego saprotrofizmu, a w jakim z pasywnego przenoszenia tego gatunku przez bezkręgowce.

## PIŚMIENNICTWO

- Akaniro, I.R., Chibuikwe, I.V., Onwujekwe, E.C., Gbadamosi, F.A., Enyi, D.O. & Onwe, O.N. (2023). *Penicillium* species as chassis for biomanufacturing and environmental sustainability in the modern era: Progress, challenges, and future perspective. *Fungal Biology Reviews*, 46, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2023.100326>
- Dominik, T., Ihnatowicz, A., Kopyłow, H. & Miętowski, R. (1973). Mycoflora of sand-boxes in kindergartens in Szczecin. *Ekologia Polska*, 21, 901–923.
- Gierczak, M. (1967). Mikoflora gleb w szkółkach leśnych a pasożytnicza zgorzel siewek. *Acta Mycologica*, 3, 1–49.
- International Commission of *Penicillium* and *Aspergillus*. (2025). Dostęp 2 września 2025, ze strony: <https://www.aspergilluspenicillium.org/>
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W., Stalpers, J.A. i in. (2008). *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*, 10th ed. CAB International. Wallingford.
- Krzemieniewska, H. & Badura, L. (1954). Z badań nad mikroflorą lasu bukowego. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 23(3), 545–587.
- Mańka, K., Gierczak, M. & Prusinkiewicz, Z. (1968). Zamieranie siewek cisza (*Taxus baccata* L.) w Wierchlesie na tle zespołów saprofitycznych grzybów środowiska glebowego. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych PTPN* 25, 177–195.
- Miłkowska, A., & Gorzelak, A. (1966). Wpływ Atrazinu i Simazinu na mikroflorę gleby przy zwalczaniu chwastów w szkółkach leśnych. *Sylvan*, 110(8), 39–52.
- Nováková, A., Kubátová, A., Sklenář, F. & Hubka, V. (2018). Microscopic fungi on cadavers and skeletons from cave and mine environments. *Czech Mycology* 70(2), 101–121.
- Qin, Y., Liu, X., Lin, J., Huang, J., Jiang, X., Mo, T., Xu, Z., Li, J. & Yang, R. (2019). Two new phthalide derivatives from the endophytic fungus *Penicillium vulpinum* isolated from *Sophora tonkinensis*. *Natural Product Research* 35(3), 421–427. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1636237>
- Qin, Y.Y., Huang, X.S., Liu, X.B., Mo, T.X., Xu, Z.L., Li, B.C., Qin, X.Y., Li, Y., Schäberle, T.F. & Yang, R.Y. (2020). Three new andrastin derivatives from the endophytic fungus *Penicillium vulpinum*. *Natural Product Research*, 36(13), 3262–3270. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1853725>
- Rutkowska, E. & Wojciechowska, S. (1978). Mikoflora mieszanek stosowanych w żywieniu koni hodowlanych. *Acta Mycologica* 14(1–2).
- Seifert, K.A. & Samson, R.A. (1986). The genus *Coremium* and the synnematous *Penicillia*. W: R.A., Samson & J.I., Pitt (red.), *Advances in Penicillium and Aspergillus Systematics* (NATO ASI Series, vol. 102) (s. 143–154). Springer, Boston, MA, [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1856-0\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1856-0_15).
- Visagie, C.M., Houbraeken, J., Frisvad, J.C., Hong, S.-B., Klaassen, C.H.W., Perrone, G., Seifert, K.A., Varga, J., Yaguchi, T. & Samson, R.A. (2014). Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Studies in Mycology* 78, 1, 343–371. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.001>

## SUMMARY

We report the rediscovery of the synnematosus fungus *Penicillium vulpinum* (Cooke & Masee) Seifert & Samson in Poland, nearly five decades after its original description, and present the first Polish localities where synnemata were observed in situ on natural substrates. The species was recorded in two environments: (1) the forest reserve Cisy Tychowskie, on rodent droppings embedded in moss on a yew (*Taxus baccata*) trunk, and (2) four karst caves (Krakowska Cave, W Mącznej Skale Duża Cave, W Straszycowej Górze Cave and Okopy Wielka Dolna Cave), where it occurred on rodent droppings in the dark zone. An additional and exceptional record from the twilight zone of Jaskinia Zegar involved isolation of the fungus from a heleomyzid fly (Heleomyzidae). In this case, only mycelium was observed, without synnemata. Cultures grown on CYA and MEA (7 d, 25 °C, darkness) showed no diagnostic differences. Micromorphological features corresponded to the description provided by Seifert & Samson (1986). Our findings update the known distribution of *P. vulpinum* in Poland, confirm its frequent association with herbivore excrements, and suggest that insect-mediated dispersal may facilitate its presence in heterotrophic cave ecosystems. Historical Polish records from the 1970s lacked observations of synnemata. This study provides the first in situ documentation of synnemata and outlines the species' habitat preferences across both subterranean and forest environments.