Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde = Bulletin suisse de mycologie
Herausgeber: Verband Schweizerischer Vereine für Pilzkunde
Band: 53 (1975)
Heft: 7

Artikel: Das Trockengewicht der Sporen von Tricholomopsis rutilans (Schff. ex Fr.) Sing.

Autor: Knecht, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-936809

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Nidulariales	Nidulariaceae:	*Cyathus stercoreus* (Schw.) De Toni
		Cyathus olla (Batsch) Pers.
Tulostomatales (descriptions déjà publiées dans Monthoux & Röllin, 1974)	Tulostomataceae:	*Tulostoma brumale* Pers. ex Pers.
		Tulostoma fulvellum Bres. in Petri
		Tulostoma Petrii Bres. in Petri
		Tulostoma squamosum Gmel. trans Pers.

Références bibliographiques:
Ainsworth, G. C., Sparrow, F. K., & Sussman, A. S. (1973): *The Fungi.* New York and London.
Bourdot, H., & Galzin, A. (1927): *Hymenomycetes de France.* Sceaux.
Chodat, R. (1902): Les dunes lacustres de Sciex et les Garides. *Ber. Schweiz. Bot. Ges. 12,* 15–58.
Kühner, R., & Romagnesi, H. (1953): *Flore analytique des champignons supérieurs.* Paris.
Lamoure, D. (1972): Agaricales de la zone alpine: genre Clitocybe. *Trav. Sci. Parc Nat. Vanoise 2,* 107–152.
Luthi, R., & Röllin, O. (1972): Une nouvelle espèce hivernale Fayodia (Heterosporula Sing.) xerophila. Nov. spec. *Bull. Soc. Mycol. France 88,* 171–174. Pl. col.
Monthoux, O., & Röllin, O. (1974): La Flore fongique des stations xériques de la région de Genève. I. Introduction et Tulostomatales. *Candollea 29,* 309–325.
Moser, M. (1955): *Agaricales und Gastromycetales,* in H. Gams, *Kleine Kryptogamenflora.* Bd. IIb. Stuttgart.
Moser, M. (1963): *Ascomyceten,* in H. Gams, *Kleine Kryptogamenflora.* Bd. IIa. Stuttgart.
Moser, M. (1967): *Agaricales,* in H. Gams, *Kleine Kryptogamenflora,* Bd. IIb/2. Stuttgart.
Singer, R. (1962): *The Agaricales in Modern Taxonomy.* Weinheim.
Turian, G. (1972): Observations sur les composants fongiques et lichéniques de la steppe-garide du vallon de l'Allondon (Genève). *Saussurea 3,* 33–36.

Das Trockengewicht der Sporen von Tricholomopsis rutilans (Schff. ex Fr.) Sing.

Von J. Knecht, Lostorf

Einleitung

In der deutschen Zeitschrift für Pilzkunde befassten sich G. Gross in Band 38, 1972, und G. Gross und A. Schmitt, in Band 40, 1974, unter anderem mit dem Sporenvolumen von *Hymenogaster* usw. Da, wie sie schreiben, nach den üblichen Angaben der Sporenmasse die Korrelation zwischen Länge und Breite fehlt, erachten sie das Gewicht als das einfachste und natürlichste Sporenmerkmal, und greifen wegen der Unmöglichkeit, eine einzelne Spore zu wägen, zu der «umständlichen» Berechnung des Sporenvolumens.

Mit dem Interferenzmikroskop ist es aber möglich, das Trockengewicht einer einzelnen Spore zu ermitteln, was aber, zugegeben, nicht weniger umständlich ist.

Im folgenden sei nun als erstes Beispiel von *Tricholomopsis rutilans* die Bestimmung des Trokkengewichtes von Einzelsporen behandelt.

Methodisches

Aus einer, für statistische Messungen gesammelten Grundgesamtheit wurden einige Sporen mittlerer Grösse ausgewählt und möglichst genau (Länge und Breite) bei 1560facher linearer Vergrösserung mit einem Okularschraubenmikrometer gemessen. Die Dicke in Richtung der Mikroskopachse wurde durch die Messung von Gangunterschied und Lichtbrechung ermittelt. Für die Berechnung des Volumens spielt es dann keine Rolle, ob die Spore ein Rotationsellipsoid oder ein Ellipsoid mit drei ungleichen Achsen darstellt.

Als Mikroskop diente ein Leitz-Dialux-Polarisationsmikroskop mit der Interferenz-Zusatzeinrichtung nach Jamin/Lebedeff.

Die Sporen wurden in verschiedenen Einbettungsmitteln geprüft, Glycerin, Vaselinöl, Sternanisöl, Triaethanolamin, destilliertes Wasser, Einschlussmittel L 15, n_D 1,515 und L 25, n_D 1,525 von Carl Zeiss AG. Von den ersteren vier Einbettungsmitteln wurde zuerst mit einem Refraktometer nach Jelley die Lichtbrechung bei der D-Linie gemessen und im Grünen mit einem Linienfilter $\lambda = 546$ nm und einem Interferenz-Mikrorefraktometer von Zeiss, der am Interferenzmikroskop verwendet werden kann. Die Eichung des Mikrorefraktometers (Messung der Segmenttiefe) erfolgte gegen Wasser und Luft.

Parallelversuche mit Sporen, die einerseits zuerst mit Milchsäure gespannt wurden und anderseits ohne diese Vorbehandlung, lieferten gleiche Ergebnisse.

Die Messungen der Gangunterschiede «Γ» wurden mit dem neuen Kippkompensator (mit MgF_2-Plättchen) von Leitz, der es noch ermöglicht, $^1/_{20}°$ des Kippwinkels abzulesen, vorgenommen. Die genaue Kreuzung von Polarisator und Analysator sowie die Nulleinstellung der Strahlenteilerplatte und des Kompensators wurden mit der Halbschattenplatte nach Macé de Lépnay und einem Quarzdoppelkeil nach Wright überprüft.

Um die Resultate möglichst sicher beurteilen zu können, wurden von etwa 30 Sporen je 50 Gangunterschiedsmessungen gemacht. Die Lichtbrechung wurde nicht mit der Immersionsmethode mit Auswechseln des Einbettungsmittels bestimmt, sondern durch die Gangunterschiedsmessungen.

Der Gangunterschied ist eine Funktion von der Dicke und der Lichtbrechung des Objekts. Aus der Grundformel

$$\Gamma = d\,(n_o - n_m) \tag{1}$$

lassen sich diese berechnen, umgeformt um die Dicke zu bestimmen

$$d = \frac{\Gamma}{(n_o - n_m)} \tag{2}$$

oder um den Brechungsindex zu bestimmen

$$n_o = \frac{\Gamma}{d} + n_m \tag{3}$$

Es bedeuten: Γ = Gangunterschied
d = Dicke des Objekts
n_o = Brechungsindex des Objekts
n_m = Brechungsindex des Einbettungsmittels.

Da aber vorerst weder die Brechzahl noch die Dicke der Spore bekannt ist, muss der Gangunterschied in zwei verschiedenen Einbettungsmitteln gemessen werden. Die Objektdicke ergibt sich dann aus der Formel

$$d = \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{n_2 - n_1} \tag{4}$$

Hier ist Γ_1 der gemessene Gangunterschied im Einbettungsmittel n_1 (Wasser), und Γ_2 der Gangunterschied im Einbettungsmittel n_2 (Glycerin).

Mit diesen zwei Einbettungsmitteln wurde auch die Lichtbrechung der Sporen ermittelt. Hiezu gilt die Formel 5.

$$n_o = \frac{n_2\Gamma_1 - n_1\Gamma_2}{\Gamma_1 - \Gamma_2} \tag{5}$$

Natürlich können die Messungen beim Arbeiten mit zwei Einbettungsmitteln nicht an ein und derselben Spore durchgeführt werden, da man beim Wechseln nie mehr die gleiche Spore finden würde. Um aber schliesslich alle Messungen an einer einzigen Spore durchzuführen, wurden die Gangunterschiede in einem Einbettungsmittel, aber bei zwei verschiedenen Wellenlängen des Lichtes gemessen.
Zur Berechnung der Dicke dient wieder die Formel 4, wobei hier bedeuten:
Γ_1 = Gangunterschied bei Wellenlänge $\lambda 1$
Γ_2 = Gangunterschied bei Wellenlänge $\lambda 2$
n_1 und n_2 = die Brechzahlen des Einschlussmittels bei den Wellenlängen $\lambda 1$ und $\lambda 2$.
Gleichzeitig mit dieser Zwei-Wellenlängen-Methode und der Formel 5 konnte auch das Brechungsvermögen der gleichen Spore ermittelt werden. n_1 und n_2 sind wieder die Brechzahlen des Einschlussmittels bei Wellenlängen $\lambda 1$ und $\lambda 2$, sowie Γ_1 und Γ_2 die Gangunterschiede bei Wellenlänge $\lambda 1$ bzw. $\lambda 2$.
Für die Wellenlänge $\lambda 2$ wurde eine Natriumspektrallampe 25 W plus Interferenzfilter für die Linie D = 589 nm benützt. Für die Wellenlänge $\lambda 1$ wurde ein Präzisionslinienfilter mit dem Maximum bei 544,5 nm einmal an einer 100-Watt-Niedervoltlampe und ein zweites Mal an einer Quecksilberlampe HBO 200 W/4 benützt.
Mit einer andern Wellenlängenkombination wurden die gleichen Messungen wiederholt. Es diente als Wellenlänge $\lambda 2$ die Linie bei 544,5 nm (wie vorher für $\lambda 1$), aber für die Wellenlänge $\lambda 1$ die Quecksilberlinie bei 435,8 nm. Für letztere wurde die Lampe HBO 200 W/4 mit Blaufilter BG 12 benützt. Die Prüfung mit einem Pupillenspektroskop zeigte, dass nur diese Quecksilberlinie λ = 435,8 nm durchgelassen wurde.

Ergebnisse

Die Messungen mit der zuletzt erwähnten Zwei-Wellenlängen-Methode werden hier als Hauptversuch betrachtet und die andern mehr oder weniger als Vorversuche. Diese Vorversuche waren aber auch nötig, weil, wie es in der Literatur heisst, die Wellenlängenmethode vom Standpunkt der Zuverlässigkeit die ungünstigste ist. Das will heissen, dass hier eventuelle Messfehler am schwersten ins Gewicht fallen. Es wurde aber trotzdem hauptsächlich mit dieser Methode gearbeitet, weil damit anderseits die kleinsten Fehler aufgedeckt werden können.
Um übrigens bei dieser Wellenlängenvariationsmethode nicht nur auf ein Resultat abstellen zu müssen, wurde sie auf alle eingangs erwähnten Einschlussmittel ausgedehnt.
Warum ist eigentlich die Lichtbrechung so wichtig? – Diese ist bekanntlich bei biologischem Material (z. B.) abhängig von der Konzentration der Zellsubstanzen wie Proteine usw.

$$n_o = n_w + \alpha \cdot C \tag{6}$$

Nun wurde der Brechungsindex unserer Sporen zu n_{D18} = 1,472 und bei Wellenlänge λ = 544,5 nm zu n_{18} = 1,474 gefunden. Die Konzentration ergibt sich dann durch die Beziehung

$$C = \frac{n_o - n_w}{\alpha} \tag{7}$$

zu 76,44 %, wobei für beide Formeln 6 und 7 C = die Konzentration, n_o = die Brechzahl der Sporen, n_w = die Brechzahl des Einbettungsmittels (Wasser = 1,334) und α = das spezifische Brechungsinkrement (nach der Literatur 0,0018 für Proteine) bedeuten.

Nun zur Gewichtsbestimmung. Diese wurde für jede Spore extra berechnet.
Nach der Grundformel 1 ist der Gangunterschied abhängig von der Dicke = d und der Lichtbrechung und somit auch von der Konzentration.

$$\Gamma = \alpha \cdot C \cdot d \tag{8}$$

Da der Gangunterschied durch die Messungen bekannt ist, erhält man mit der Formel (nach Grehn, 1959) das Trockengewicht.

$$T = \frac{\Gamma \cdot Q}{\alpha \cdot 100} \tag{9}$$

T = Trockengewicht, α = spez. Brechungsinkrement (wie oben), Q = die mit dem Mikrometer ermittelte Flächenausdehnung (Länge und Breite der Spore gerechnet als elliptische Fläche, $\pi \cdot a \cdot b$).
Wird ein anderes Einbettungsmittel als Wasser verwendet, gilt die erweiterte Formel 10.

$$T = \frac{\Gamma \cdot Q}{\alpha \cdot 100} + (n_m - n_w) \frac{Q \cdot d}{\alpha \cdot 100} \tag{10}$$

Hier bedeuten zusätzlich n_m = Brechzahl des Einbettungsmittels, n_w = Brechzahl von Wasser, d = Dicke des Objekts. Bei einer Spore, 5,2 µm lang und 4,8 µm breit, wurde das Trockengewicht zu $4{,}15 \cdot 10^{-11}$ Gramm (= 41,5 Billionstelsgramm) bestimmt. Das Volumen errechnete sich mit $4/3\ \pi \cdot a \cdot b \cdot c$ zu 54,08 μm^3. Das Trockengewicht auf das Volumen bezogen gibt hier 76,64 %.
In der folgenden Aufstellung sind von einigen Sporen unterschiedlicher Grösse die Daten über Länge und Breite als elliptische Grundfläche, Dicke, Volumen, Trockengewicht und die Konzentration angegeben.

Spore Nr.	Elliptische Grundfläche Länge × Breite μm^2	Dicke µm	Volumen μm^3	Trockengewicht in Billionstelsgramm	Konzentration in %
1	19,60	4,15	54,08	41,5	76,64
2	22,38	5,05	75,32	57,6	76,46
3	18,06	4,1	48,64	37,2	76,60
4	21,59	5,05	72,69	55,59	76,47
5	26,71	4,5	79,24	60,2	76,05
6	19,07	4,3	54,66	41,8	76,46
7	31,40	4,65	97,31	74,4	75,46
8	30,50	4,6	92,48	69,8	75,94
9	18,84	4,8	60,30	46,0	76,32
10	22,85	5,2	79,22	60,2	75,85

Diskussion
Die Werte in der letzten Kolonne, Konzentration in %, sind aus dem Verhältnis Trockengewicht/Volumen berechnet. Es fällt auf, dass diese Werte immer um 76 % sind, gleichgültig welche Grösse die Spore hat, z. B. Spore 7 verzeichnet das doppelte Volumen von Spore 3. Anderseits gibt die Berechnung der Konzentration mittels der Formel 7, die sich auf das Brechungsvermögen bezieht (Dicke und Volumen der Spore sind in dieser Formel nicht vorhanden), in schöner Übereinstimmung 76,44 %.

Der Durchschnittswert von 76% scheint hoch im Vergleich zu den übrigen Teilen des Fruchtkörpers, wo ja der Wassergehalt meist mit etwa 80% angegeben wird. In den Sporen müssen die Reservesubstanzen usw. doch konzentrierter vorhanden sein, ähnlich wie in den Samen der Phanerogamen, wo das Trockengewicht 80–88% ausmachen kann.
Bei der Berechnung des Trockengewichtes mit der Formel 9 oder 10 muss das Resultat «$\Gamma \cdot Q$» und «$Q \cdot d$» noch mit $^2/_3$ multipliziert werden, da mit dem Zeichen «Q» die Grundfläche des Objektes, wo der Gangunterschied gemessen wird, gemeint ist. Wenn nun diese Grundfläche hier über die ganze Spore (Länge und Breite als elliptische Fläche) gerechnet wird, geht dies als zylindrischer Körper in die Rechnung ein, und nicht als ein Ellipsoid. Nun beträgt das Volumen eines in einem Zylinder eingeschriebenen Ellipsoids, gleich welchen Achsenlängen, genau $^2/_3$ vom Volumen des umschriebenen Zylinders.

Dank
An dieser Stelle sei dem Verein für Pilzkunde Olten und Umgebung gedankt, der für die Anschaffung der kostspieligen Mikroskoplampen besorgt war.

Zusammenfassung
Sporen von *Tricholomopsis rutilans* (Schff. ex Fr.) Sing. wurden mit dem Interferenzmikroskop mittels Gangunterschiedmessungen auf Lichtbrechung und Trockengewicht untersucht. Der Brechungsindex wurde im monochromatischen Licht (D-Linie) zu $n_{D18} = 1{,}472$ und bei Wellenlänge $\lambda = 544{,}5$ nm zu $n_{18} = 1{,}474$ gefunden.
Das Trockengewicht von einzelnen Sporen ergab Werte höher als 30 und niedriger als 100 Billionstelsgramm. So hatte z.B. eine Spore mit 5,2 µm Länge und 4,8 µm Breite ein Trockengewicht von $4{,}15 \cdot 10^{-11}$ Gramm.
Die Konzentration an Trockensubstanz, berechnet aus der Lichtbrechung oder aus Trockengewicht/Sporenvolumen, zeigte einen konstanten Wert um 76%.

Résumé
Des spores de *Tricholomopsis rutilans* (Schff. ex Fr.) Sing. furent examinées selon une méthode microscopique interférentielle sur leur réfraction des rayons lumineux et leur poids à sec. L'indice de réfraction fut trouvé dans une lumière monochromatique à $n_{D18} = 1{,}472$ et par longueur d'onde 544,5 nm à $n_{18} = 1{,}474$.
Le poids à sec de spores isolées donna des valeurs supérieures à 30 – et inférieures à 100 billionièmes de gramme. Par ex. une spore de 5,2 µm de longueur et 4,8 µm de largeur avait un poids à sec de $4{,}15 \cdot 10^{-11}$ gramme.
La concentration de substance sèche, calculée de la réfraction des rayons lumineux ou du poids à sec/volume sporique, montra une valeur constante de 76%.

Literatur:
Grehn, J., 1959: Das Durchlicht-Interferenz-Mikroskop – ein Messinstrument des Biologen. Leitz-Mitteilungen. 2.
Walter, F., 1962: Die Mikro-Interferometrie als quantitative Methode in der biologischen Forschung. Leitz-Mitteilungen. 2.
Leitz: Pol-Interferenz-Einrichtung nach Jamin/Lebedeff. Anleitung.
Gross, G., 1972: Kernzahl und Sporenvolumen bei einigen Hymenogasterarten. Zeitschr. f. Pilzk. 38.
Gross, G., und Schmitt, J.A., 1974: Beziehungen zwischen Sporenvolumen und Kernzahl bei einigen höheren Pilzen. Zeitschr. f. Pilzk. 40.
Gahm, J., 1962: Durchlicht-Interferenzeinrichtung nach Jamin/Lebedeff. Sonderdruck aus Zeiss-Mitteilungen.