

PIOTR T. ZANIEWSKI, ANDRZEJ SZCZEPKOWSKI, BŁAŻEJ GIERCZYK, ANNA KUJAWA, TOMASZ ŚLUSARCZYK, BARBARA FOJCIK

Pionowe zróżnicowanie bogactwa i składu gatunkowego myko-, lichen- i briobioty drzew powiatrolomowych w Kampinoskim Parku Narodowym*

Vertical differentiation of the richness and species composition of the myco-, lichen- and briobiota of windthrown trees in Kampinos National Park

ABSTRACT

Zaniewski P. T., Szczepkowski A., Gierczyk B., Kujawa A., Ślusarczyk T., Fojcik B. 2019. Pionowe zróżnicowanie bogactwa i składu gatunkowego myko-, lichen- i briobioty drzew powiatrolomowych w Kampinoskim Parku Narodowym. Sylwan 163 (12): 980-988. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019091>.

Vertical distribution of species richness of various groups of organisms within trees is still insufficiently understood. The reason for this are, among others, the difficulties in accessing standing trees. The aim of the study was to determine the differentiation of species richness of fungi, lichens and lichenicolous fungi and bryophyte of three tree species (oak, birch and pine) within windthrow areas in the Kampinos National Park (central Poland). Ten individuals of each tree species were chosen. They were only thrown, not broken, without serious damage, still alive and easily accessible. The investigations of species composition were performed in five parts of each tree: trunk bottom, lower trunk, upper trunk, lower crown and upper crown. Individual parts of the trees were measured, than their surface and volume were determined. The species richness of the studied groups of organisms was calculated using rarefaction curves based on the number of samples, volume and area of the distinguished tree parts. Species composition changes of the tree parts were described using non-metric multidimensional scaling. The most important parts of trees for fungi were the crowns of trees, in particular oak's. The highest richness of lichens was found within the crown of oaks, however they were recorded within all of the distinguished tree parts. The highest richness of bryophytes was recorded in the lower crown of oak and the trunk base of birch, but this group of organisms generally did not inhabit the birch and pine crowns. In the case of rarefaction curves based on the number of samples, the large positive meaning of the oak was observed, however the observed pattern was different when the volume and surface were taken into account. The general species richness of the studied taxa was similar for three tree species, the pine was distinguished positively in case of fungi, birch – in the case of lichens and oak – in the case of bryophytes. The species of trees differ from each other in terms of the species composition of the studied groups of organisms. We also observed the gradual change in the species composition from the base of the trunk to the upper crown.

KEY WORDS

biodiversity, *Quercus petraea*, *Q. × rosacea*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, rarefaction curve

*Badania zrealizowano dzięki dofinansowaniu z Funduszu Leśnego PGL LP w ramach projektu „Przemiany środowiska po wiatrolomie i ocena mikrosukcesji biot organizmów zasiedlających powalone drzewa”.

ADDRESSES

Piotr T. Zaniewski ⁽¹⁾ – e-mail: piotr.zaniewski@wl.sggw.pl

Andrzej Szczepkowski ⁽²⁾ – e-mail: andrzej_szczepkowski@sggw.pl

Błażej Gierczyk ⁽³⁾ – e-mail: hanuman@amu.edu.pl

Anna Kujawa ⁽⁴⁾ – e-mail: anna.kujawa@isrl.poznan.pl

Tomasz Ślusarczyk ⁽⁵⁾ – e-mail: funalia@wp.pl

Barbara Fojcik ⁽⁶⁾ – e-mail: barbara.fojcik@us.edu.pl

⁽¹⁾ Samodzielny Zakład Botaniki Leśnej, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

⁽²⁾ Katedra Ochrony Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

⁽³⁾ Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu; ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań

⁽⁴⁾ Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego, Polska Akademia Nauk; ul. Bukowska 19, 60-809 Poznań

⁽⁵⁾ os. Widok 15/23, 66-200 Świebodzin

⁽⁶⁾ Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody; Uniwersytet Śląski, ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice

Wstęp

Na różnorodność i rozmieszczenie różnych grup organizmów zasiedlających żywe drzewa wpływa wiele czynników. Do najważniejszych należą: pionowe różnicowanie mikroklimatu od nasady pnia po koronę, budowa samego drzewa i wymiary poszczególnych jego elementów, a także właściwości kory i drewna, m.in. zawartość wody, temperatura i pH [Smith 1982; Rayner, Boddy 1988; Schwarze i in. 2000; Coxson, Coyle 2003; Sillet, Antoine 2004; Boddy, Heilmann-Clausen 2008]. Pomimo rosnącej liczby badań nadal nieliczne są kompleksowe analizy kształtowania się różnorodności i składu gatunkowego różnych grup organizmów w obrębie poszczególnych części drzew, a zwłaszcza górnej części pnia i koron [Sillet, Antoine 2004; Nadkarni i in. 2011]. Powodem takiego stanu jest przede wszystkim utrudniona dostępność wyżej położonych mikrosiedlisk. Ich inwentaryzacja wymaga zwykle ścięcia badanych obiektów [Tyszkiewiczowa 1935; Caruso, Thor 2007], użycia sprzętu wspinaczkowego [Perry 1978; Fałtynowicz i in. 2018], wykorzystania drzew powalonych przez wiatr [Kościelniak 2007; Fritz 2009; Łubek 2012], pozostałości pozrębowych [Caruso i in. 2008] czy dźwigów budowlanych [Unterscher i in. 2005].

Powstałe w 2017 roku na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego wiatrołomy stworzyły dogodną okazję do przeprowadzenia kompleksowych badań bioty wybranych grup organizmów nadrzewnych (epifitów i epiksylitów) w obrębie całych drzew. Celem badań było określenie bogactwa oraz różnicowania gatunkowego trzech grup organizmów zarodnikowych: grzybów (makro- i mikroskopijnych), porostów i grzybów naporostowych oraz mszaków w obrębie pięciu głównych części pnia trzech najważniejszych gospodarczo i ważnych ekologicznie gatunków drzew występujących w niżowych zbiorowiskach borowych – dębu, brzozy i sosny.

Materiał i metody

Teren badań stanowiły dwa obiekty powiatrołomowe powstałe w czerwcu i lipcu 2017 roku położone w Kampinoskim Parku Narodowym (KPN). Do szczegółowych badań wybrano lokalizację w dwóch drzewostanach objętych ochroną czynną (Rózin: oddz. 258a, b, *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Q.* × *rosacea* Bechst. i *Betula pendula* Roth, 104 lata oraz Grabina: oddz. 125 a, c, *Pinus sylvestris* L., 84 lata). W obrębie stanowisk wybranych zostało po 10 leżących dębów, brzoź i sosen, które uległy wywrotowi, ale były wciąż żywe, bez większych uszkodzeń oraz położone tak, aby możliwe było wykonanie badań. Na każdym drzewie wyodrębniono 5 części: podstawa pnia

(PP) obejmująca pierwszy metr pnia, dolna (PD) i górna (PG) część pnia (równej długości), korona dolna, cienista (KD) oraz korona górna, świetlista (KG). Dokonano pomiarów średnicy w miejscach wyznaczonych jako granice poszczególnych części pni oraz ich długości, następnie pomierzono średnicę wszystkich gałęzi korony na przekroju stycznym do powierzchni pni, z podziałem na żywe i martwe. W celu uzyskania wstępnej informacji o miąższości i powierzchni wyróżnionych części koron wybrano dla każdego gatunku drzewa losowo po 50 gałęzi żywych i martwych. Zmierzono długość oraz średnicę na obydwu końcach ich wszystkich odcinków. Wyjątkiem były brzozy, gdzie pomiary wykonano dla jedynie 16 odnotowanych gałęzi martwych. Inwentaryzację biot porostów, grzybów naporostowych i mszaków przeprowadzono jednokrotnie, natomiast pozostałych grzybów trzykrotnie (wiosną, latem i jesienią) w ciągu sezonu wegetacyjnego 2018 roku. Okazy niemożliwe do oznaczenia w terenie zostały zebrane w celu przeprowadzenia laboratoryjnych analiz morfologiczno-anatomicznych, a w przypadku porostów również składu metabolitów wtórnych (chromatografia cienkowarstwowa) w oparciu o specjalistyczną literaturę.

Aby porównać bogactwo gatunkowe badanych grup organizmów, użyto krzywych rarefakcji (rarefaction curves) [Colwell i in. 2004]. Do obliczeń miąższości oraz pola powierzchni kory poszczególnych gałęzi i części pni wykorzystano odpowiednie wzory dla stożka ściętego. Zależności pomiędzy miąższością i polem powierzchni gałęzi żywych i martwych a ich średnicą na powierzchni stycznej do pnia określono osobno dla każdego gatunku drzewa z wykorzystaniem metod regresji nieliniowej. W oparciu o kryterium informacyjne Akaikego wybrano modele potęgowe, natomiast odrzucono wielomianowe i eksponentalne. Na ich podstawie obliczono miąższość oraz pole powierzchni części KD i KG dla każdego z drzew. Dane te wykorzystano do przeliczenia krzywych rarefakcji [Caruso i in. 2008]. Analizę zróżnicowania bioty badanych grup organizmów pomiędzy wyróżnionymi częściami badanych gatunków drzew przeprowadzono z wykorzystaniem metody niemetrycznego skalowania wielowymiarowego (NMDS). Za miarę obfitości przyjęto częstość poszczególnych gatunków w obrębie 10 prób osobno dla każdej części wśród badanych gatunków drzew. Analizy statystyczne wykonano w oprogramowaniu Estimate S 9.1 [Colwell 2013] i PAST 3.2 [Hammer i in. 2001].

Wyniki

W grupie badanych drzew odnotowano łącznie 135 gatunków (tab. 1). Najbogatszą biotą charakteryzował się dąb, mniej bogatą brzoza, a najuboższą sosna. Najwyższym bogactwem gatunkowym wszystkich grup organizmów łącznie charakteryzowały się korona dolna i górna dębu oraz podstawa pnia brzozy. Nie stwierdzono obecności grzybów w obrębie podstawy pnia sosny, a także

Tabela 1.

Liczba stwierdzonych gatunków grzybów, porostów i grzybów naporostowych oraz mszaków na badanych gatunkach drzew

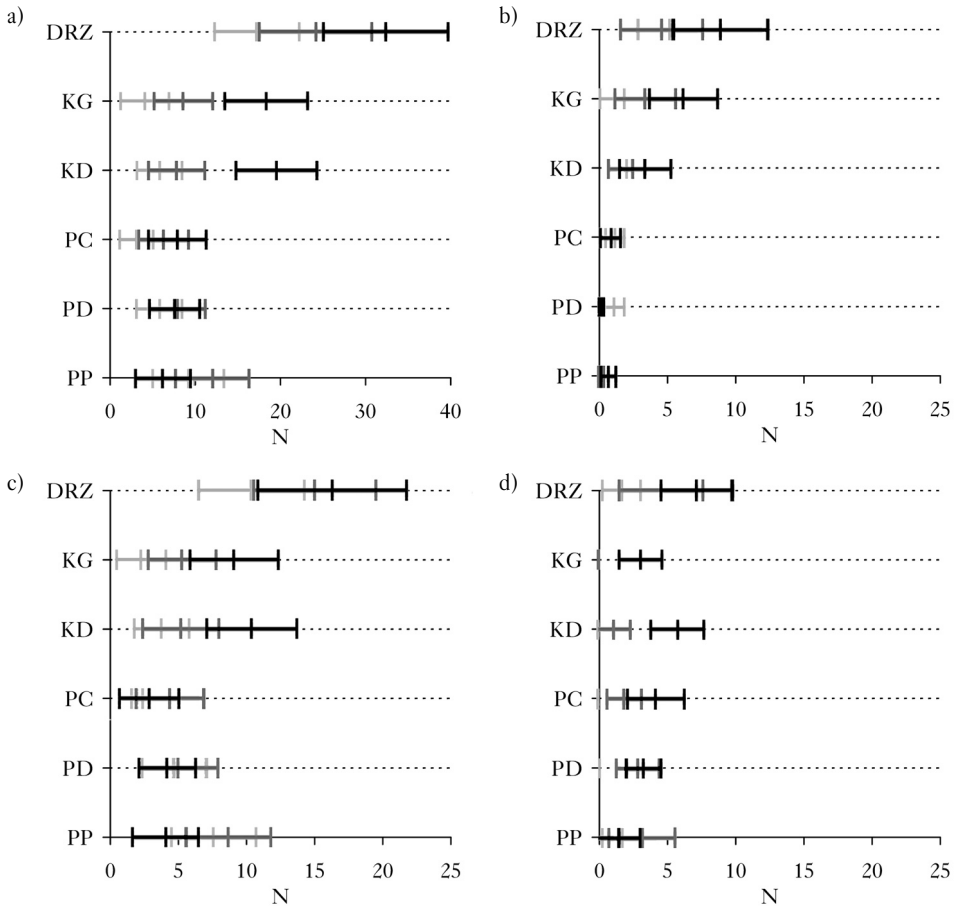
Number of species of fungi, lichens and lichenicolous fungi and bryophytes found on the examined tree species

	Grzyby Fungi	Porosty i grzyby naporostowe Lichens and lichenicolous fungi	Mszaki Bryophytes	Razem In total
<i>Quercus petraea</i> + <i>Q. × rosacea</i>	38	38	13	89
<i>Betula pendula</i>	17	37	13	67
<i>Pinus sylvestris</i>	19	21	8	48
Drzewa łącznie Trees in total	62	51	22	135

mszaków w obrębie górnej części pnia sosny, korony dolnej sosny oraz korony górnej sosny i brzozy (ryc. 1).

Wzorec i liczba różnic istotnych statystycznie w bogactwie gatunkowym badanych taksonów między gatunkami drzew zależały od metody tworzenia krzywych rarefakcji (tab. 2). W przypadku krzywych surowych, tj. opartych na liczbie prób, uwidoczniło się duże pozytywne znaczenie dębu, ale przy uwzględnieniu powierzchni i miąższości (tab. 3) wzorec różnic był inny. Ogólne bogactwo gatunkowe badanych taksonów na trzech gatunkach drzew było podobne, natomiast sosna wyróżniała się pozytywnie w przypadku grzybów, brzoza – w przypadku porostów, a dąb – pod względem mszaków.

Skład gatunkowy organizmów (ryc. 2) wyraźnie różnicuje się pomiędzy gatunkami drzew, co znajduje odzwierciedlenie w gradiencie pierwszym (poziomym) analizy NMDS. Po lewej



Ryc. 1.

Średnie (± 95 -procentowy przedział ufności) bogactwo gatunkowe (N) wszystkich grup organizmów (a), grzybów (b), porostów i grzybów naporostowych (c) oraz mszaków (d) w poszczególnych częściach drzew Mean ($\pm 95\%$ confidence interval) species richness (N) of all groups of organisms (a), fungi (b), lichens and lichenicolous fungi (c), and bryophytes (d) within distinguished tree parts

DRZ – całe drzewo, KG – korona górna, KD – korona dolna, PG – górna część pnia, PD – dolna część pnia, PP – podstawa pnia; czarny – dąb, ciemny szary – brzoza, jasny szary – sosna
 DRZ – whole tree, KG – upper crown, KD – lower crown, PG – upper trunk, PD – lower trunk, PP – trunk base; black – oak, dark grey – birch, light grey – pine

Tabela 2.

Liczba odnotowanych istotnie wyższych ($p < 0,05$) wartości bogactwa gatunkowego (porównanie krzywych rarefakcji) od co najmniej jednego z pozostałych gatunków drzew dla porównań w obrębie wyróżnionych części drzew (maksymalna liczba możliwych istotnych różnic dla każdego z wariantów – 15).

Number of statistically significant ($p < 0,05$) higher species richness values (comparison for rarefaction curves) than at least one from the analysed other tree species – the comparisons within distinguished tree parts (the highest number of possible relevant differences for each of the variant – 15)

	Gatunek Tree species	Wszystkie All groups	Grzyby Fungi	Porosty Lichens	Mszaki Bryophytes
Liczba prób Number of samples	<i>Quercus</i>	5	4	4	6
	<i>Betula</i>	0	1	3	4
	<i>Pinus</i>	0	2	0	0
Miąższość Volume	<i>Quercus</i>	0	1	0	5
	<i>Betula</i>	1	1	4	4
	<i>Pinus</i>	0	4	0	0
Powierzchnia Area	<i>Quercus</i>	3	2	3	5
	<i>Betula</i>	1	1	4	3
	<i>Pinus</i>	0	3	0	0

Tabela 3.

Średnia powierzchnia (A [m^2]) i miąższość (V [m^3]) wyróżnionych części drzew

Mean area (A [m^2]) and volume (V [m^3]) of the distinguished tree parts

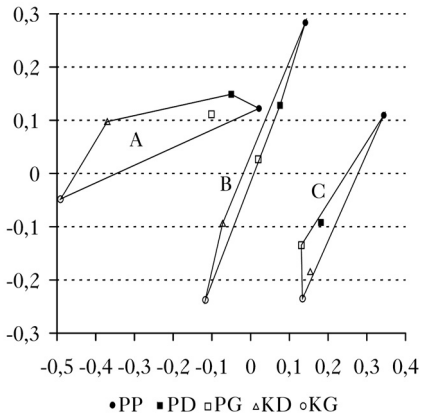
	A			V		
	<i>Quercus</i>	<i>Betula</i>	<i>Pinus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Betula</i>	<i>Pinus</i>
PP	2,35	1,56	1,42	0,45	0,20	0,16
PD	13,11	9,16	11,54	1,70	0,80	1,04
PG	13,90	6,84	6,94	1,20	0,37	0,38
KD	45,46	10,92	13,98	0,61	0,08	0,08
KG	51,65	19,72	16,51	0,83	0,17	0,10
Suma In total	126,48	48,20	50,39	4,79	1,62	1,77

oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as in figure 1

stronie wykresu znalazły się części związane z dębem, w środkowej związane z brzozą, a po prawej z sosną. Wyraźne jest ponadto zróżnicowanie pomiędzy wyróżnionymi częściami uwidocznione w drugim gradiencie (pionowym) osi analizy. Zbiorowiska badanych biot związane z dolnymi partiami drzew znalazły się w górnej części wykresu, natomiast w dolnej części wykresu znalazły się te związane koronami badanych drzew. Niska wartość stresu ($< 0,1$) wskazuje na bardzo dobrą reprezentację danych po zredukowaniu liczby wymiarów.

Dyskusja

Na 30 badanych drzewach odnotowano około 3,5% gatunków grzybów wielkoowocnikowych stwierdzonych dotychczas na terenie całej Puszczy Kampinoskiej [Gierczyk i in. 2017, 2019a, b], około 24% gatunków porostów oraz około 9% gatunków mszaków [Ciurzycki 2018]. Najwyższym bogactwem gatunkowym badanych organizmów spośród trzech gatunków drzew charakteryzował się dąb, a najniższym sosna (ryc. 1). Dla porównania w 256 oddziale Białowieckiego Parku Narodowego (BPN) stwierdzona łączna liczba gatunków grzybów mikro- i makroskopijnych związanych z korą i drewnem dębu wyniosła 61, a w przypadku brzozy 68 [Chlebicki i in. 1996]. Na Litwie inwentaryzacja grzybów nadrzewnych przeprowadzona na grupie 2560 osobników *Q. robur*



Ryc. 2.

Zróżnicowanie zbiorowisk grzybów, porostów i grzybów naporostowych oraz mszaków w obrębie wyróżnionych części trzech gatunków drzew przedstawione metodą NMDS (2D, stress=0,091)

Differentiation of fungal, lichen and lichenicolous fungal and bryophyte communities within the distinguished parts of three tree species presented by NMDS method (2D, stress=0,091)

oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as in figure 1

A – dąb, B – brzoza, C – sosna; A – oak, B – birch, C – pine

wykazała obecność 37 gatunków [Sunhede, Vasiliauskas 1996], a w Niemczech w koronach 5 osobników *Q. robur* stwierdzono 34 gatunki grzybów [Unterseher i in. 2005]. W Słowacji wieloletnie badania grzybów na martwych i uszkodzonych gałęziach brzozy brodawkowatej wykazały obecność 27 gatunków [Pastirčáková i in. 2018]. W trakcie badań w oddziale 256 BPN odnotowano ponadto 92 gatunki porostów związanych z dębem, 60 gatunków występujących na brzozie i 47 związanych z sosną [Cieśliński i in. 1995]. Liczba mszaków związanych z dębem w oddziale 256 BPN wyniosła 69, z brzozą – 41, a sosną – 24 [Faliński, Mułenko 1997]. Wielu autorów podkreśla zależność bogactwa gatunkowego epifitów i epiksylitów od gatunku drzewa [Smith 1982; Ódor i in. 2013]. Drzewa liściaste cechuje zwykle większa liczba mikrosiedlisk niż iglaste [Vuidot i in. 2011; Boch i in. 2013]. Ważnym czynnikiem wpływającym na bogactwo gatunkowe części badanych grup organizmów (porosty i grzyby naporostowe oraz mszaki) są właściwości chemiczne, a także stabilność kory [Király, Ódor 2010; Ódor i in. 2013], która stanowi najmniej trwałe podłoże u sosny, a najbardziej u dębu. W przypadku pozostałych grzybów bogactwo gatunkowe zależy od kondycji drzewa oraz zróżnicowania mikrosiedlisk (m.in. ran, martwych gałęzi, dziupli i próchnowisk) w obrębie poszczególnych części drzewa [Rayner, Boddy 1986; Schwarze i in. 2000; Boddy 2001; Boddy, Heilmann-Clausen 2008].

Uzyskane w bieżących badaniach wyniki świadczą o dużym zróżnicowaniu bogactwa gatunkowego grzybów, porostów i grzybów naporostowych oraz mszaków w obrębie wyróżnionych części badanych drzew (ryc. 1). Najbardziej bogate pod względem liczby gatunków badanych organizmów były korony dolne i podstawa pnia, a najuboższe okazały się dolna i górna część pnia. Szczególnie bogatą częścią okazała się dolna korona dębu (ryc. 1), której bogactwo gatunkowe istotnie statystycznie przewyższa wartości niemal wszystkich pozostałych wyróżnionych części, również w porównaniu do brzozy i sosny. Zbliżone bogactwo odnotowano jedynie w obrębie korony górnej dębu.

Najwyższe wartości bogactwa gatunkowego grzybów zostały odnotowane w przypadku korony górnej i korony dolnej. Części te charakteryzują się obecnością wielu gałęzi, które w zależności od wielkości, uszkodzeń i kondycji zdrowotnej przynależą do różnych mikrosiedlisk [Vuidot i in. 2011; Boch i in. 2013]. Mogą być one kolonizowane niezależnie od siebie, co potencjalnie ogranicza konkurencję międzygatunkową o substrat. Najniższe wartości bogactwa grzybów odnotowano w obrębie wyróżnionych części pnia, co może być związane z występowaniem niewielkiej liczby mikrosiedlisk w ich obrębie.

Szczególnie bogate pod względem bioty porostów okazały się korony dębów. Związane jest to najprawdopodobniej z dużym zróżnicowaniem warunków świetlnych i wilgotnościowych w ich

obrębie [Sillett 1995; Coxson, Coyle 2003], a także odmienną strukturą korowiny (gładka na gałęziach niewielkich i głęboko spękana na gałęziach grubych). Z kolei analogiczne części dla brzoź i sosen charakteryzowały się mniejszym bogactwem gatunkowym. Związane to jest najprawdopodobniej z nietrwałością ich korowiny, która łuszczy się i odpada płatami, utrudniając skuteczną kolonizację przez epifityczne porosty [Tyszkiewiczowa 1935]. Najmniejszym bogactwem charakteryzowały się górna i dolna część pnia. Bogatą w porosty częścią drzewa była też podstawa pnia, co mogło mieć również związek z obecnością większej liczby mikrosiedlisk w jej obrębie.

Także w przypadku mszaków najwięcej gatunków odnotowano na dębach – w dolnej koronie i górnej części pnia. Kora dębu jest podłożem stosunkowo stabilnym w obrębie całego drzewa. Zróżnicowanie pionowe gatunków mszaków wynika więc głównie z uwarunkowań mikroklimatycznych – mniej korzystnych w górnej części korony [Barkman 1958]. Wysokie bogactwo mszaków epifitycznych w dolnej części korony drzew odnotował również Sillett [1995]. Niskie bogactwo gatunkowe brioflory epifitycznej w górnej części pnia i koronach brzoź i sosen związane jest przede wszystkim z silnym łuszczeniem się kory. W przypadku brzoź odnotowano w koronie tylko jeden gatunek, zaś w koronach i na górnych częściach pnia nie stwierdzono żadnego gatunku mszaka.

Zróżnicowanie bogactwa gatunkowego pomiędzy poszczególnymi gatunkami drzew z uwzględnieniem miąższości i powierzchni badanych części drzew (tab. 3) kształtowało się w sposób nieco odmienny niż w przypadku krzywych rarefakcji opartych na liczbie prób (tab. 2). Zauważalne było mniejsze znaczenie dębu dla bogactwa gatunkowego, co odzwierciedliło się w spadku liczby istotnych statystycznie różnic pomiędzy wyróżnionymi częściami na dębach i pozostałych gatunkach drzew. Najprawdopodobniej spowodowane to było nawet kilkukrotnie większymi wartościami miąższości i powierzchni wyróżnionych części dębu w porównaniu do brzozy i sosny (tab. 3). Związane jest to przede wszystkim ze zróżnicowaną przeciętną wielkością oraz typem pnia u badanych gatunków – dąb charakteryzuje się pnem o typie kłody, brzoza zbliżonym do strzały, a sosna strzały. Uwzględnienie miąższości i powierzchni wypukliło znaczenie sosny dla grzybów. Wynika z tego, że na odnotowane bogactwo gatunkowe grzybów duży wpływ mają również wymiary drzewa. Ponadto duża powierzchnia kory gałęzi i jej niewielka (w stosunku do kory pnia) grubość oraz obecność wielu drobnych uszkodzeń sprzyjać mogą kolonizacji żywych gałęzi przez te organizmy. Uwzględnienie powierzchni i miąższości w przypadku porostów wypukliło rolę brzozy (tab. 2). W przypadku mszaków odnotowane zmiany były niewielkie. Możliwe jest, że bogactwo gatunkowe grzybów zależy zarówno od miąższości dostępnego podłoża (zasobności i dostępności bazy pokarmowej), jak i jego powierzchni (miejsc potencjalnej kolonizacji), natomiast porostów, grzybów naporostowych i mszaków głównie od jego powierzchni, jej struktury oraz trwałości.

Odnotowano znaczne różnice w składzie gatunkowym badanych grup organizmów w postaci zarówno pewnej odrębności zbiorowisk każdego z drzew, jak i stopniowej zmiany pomiędzy sąsiadującymi ze sobą ich częściami. Poszczególne gatunki drzew wykazują zróżnicowanie mikrosiedliskowe, a także różnią się właściwościami fizycznymi i chemicznymi kory, co sprzyja specjalizacji poszczególnych gatunków i zróżnicowaniu zbiorowisk zasiedlających je organizmów [Boch i in. 2013]. Na stopniowe zmiany w składzie gatunkowym w obrębie sąsiadujących ze sobą w pionie części drzew wpływają z kolei zmiany wilgotności, naświetlenia, siły wiatru i parowania oraz proporcji i wymiarów mikrosiedlisk [Barkman 1958; Boch i in. 2013]. Spośród porostów i mszaków u podstawy pnia współwystępują głównie epifity fakultatywne, z gatunkami wkraczającymi z otaczających siedlisk naziemnych [Smith 1982]. Ku górze pnia zbiorowiska epifitów zmieniają swój charakter. Oprócz fakultatywnych pojawiają się epifity obligatoryjne, w tym gatunki o charak-

terze pionierskim [Smith 1982]. Niektóre z nich częściej lub wyłącznie występują w koronach drzew [Silleet, Rambo 2000; Boch i in. 2013]. Różnicowanie charakteru mikrosiedlisk oraz trwałości podłoża w obrębie poszczególnych części drzew powoduje, że różnicowanie gatunkowe epifitów może być dodatkowo spotęgowane [Boch i in. 2013]. Zmiany w składzie gatunkowym grzybów pomiędzy poszczególnymi częściami drzew polegały przede wszystkim na wzroście liczby gatunków wraz z pionową (na drzewach przed wywrotem) lokalizacją ich części. Najbogatsze w gatunki były korony górne.

Wnioski

- ✚ Odnotowano duże różnicowanie bogactwa gatunkowego badanych grup organizmów zarówno pomiędzy wyróżnionymi częściami, jak i badanymi gatunkami drzew (forofitów).
- ✚ Najbogatszymi w gatunki częściami drzew były dla grzybów korony drzew (w szczególności dębu), najwyższe bogactwo porostów odnotowano w obrębie koron dębów (przy czym porosty odnotowywano w obrębie wszystkich badanych części), najwyższe bogactwo mszaków odnotowano w koronie dolnej dębu, a także u podstawy pnia brzozy, natomiast mszaki prawie nie zasiedlały koron brzozy i sosny.
- ✚ Spośród wyróżnionych części drzew najwyższym bogactwem gatunkowym wszystkich grup organizmów charakteryzowały się korony dolna i górna dębu, a następnie podstawa pnia brzozy, z kolei najmniejszym bogactwem gatunkowym odznaczały się korona górna i górna część pnia sosny.
- ✚ Największy wpływ na różnicowanie bogactwa gatunkowego grzybów ma najprawdopodobniej lokalna dostępność i zasobność bazy pokarmowej oraz liczba i powierzchnia miejsc do kolonizacji, natomiast w przypadku porostów i mszaków stabilność powierzchni korowiny.

Podziękowania

Autorzy dziękują panu dr. hab. Krzysztofowi Kujawie, prof. IŚRiL PAN, za cenne uwagi do pierwszej wersji manuskryptu.

Literatura

- Barkman J. J. 1958. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Van Gorcum & Company. N. V., Assen, Netherlands.
- Boch S., Müller J., Prati D., Blaser S., Fischer M. 2013. Up in the tree – the overlooked richness of bryophytes and lichens in the crowns. PLoS ONE 8 (12): e84913. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084913>.
- Boddy L. 2001. Fungal community ecology and wood decomposition processes in angiosperms: from standing tree to complete decay of coarse woody debris. Ecological Bulletins 49: 43-56.
- Boddy L., Heilmann-Clausen J. 2008. Basidiomycete community development in temperate angiosperm wood. W: Boddy L., Frankland J. C., van West P. [red.]. Ecology of saprotrophic Basidiomycetes. The British Mycological Society. Elsevier Ltd., UK. 211-237.
- Caruso A., Rudolphi J., Thor G. 2008. Lichen species diversity and substrate amounts in young planted boreal forests: a comparison between slash and stumps of *Picea abies*. Biological Conservation 141 (1): 47-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.08.021>.
- Caruso A., Thor G. 2007. Importance of different tree fractions for epiphytic lichen diversity on *Picea abies* and *Populus tremula* in mature managed boreonemoral Swedish forests. Scandinavian Journal of Forest Research 22 (3): 219-230. DOI: <https://doi.org/10.1080/02827580701346031>.
- Chlebicki A., Żarnowiec J., Ciesliński S., Klama H., Bujakiewicz A., Zatuski T. 1996. Epixylites, lignicolous fungi and their links with different kinds of wood. W: Faliński J. B., Muleńko W., Majewski T. [red.]. Cryptogamous plants in the forest communities of Białowieża National Park. Functional groups analysis and general synthesis (Project CRYPTO 3). Phytocoenosis 8 (N.S.): 75-109.
- Ciesliński S., Czyżewska K., Glanc K. 1995. Lichenes. W: Faliński J. B., Muleńko W. [red.]. Cryptogamous plants in the forest communities of Białowieża National Park. General problems and taxonomic groups analysis (Project CRYPTO). Phytocoenosis 7 (N.S.), Archivum Geobotanicum 4: 75-88.

- Ciurzycki W. 2018. Mszaki Puszczy Kampinoskiej i okolic. Zarys historii badań. Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody 37 (4): 3-97.
- Colwell R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell R. K., Mao Ch. X., Chang J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. Ecology 85: 2717-2727.
- Coxson D. S., Coyle M. 2003. Niche partitioning and photosynthetic response of alectorioid lichens from subalpine spruce-fir forest in north-central British Columbia, Canada: the role of canopy microclimate gradients. The Lichenologist 35 (2): 157-175. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0024-2829\(03\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0024-2829(03)00018-5).
- Faliński J. B., Muleńko W. [red.]. 1997. Cryptogamous plants in the forest communities of Białowieża National Park. Ecological Atlas (Project CRYPTO 4). Phytocoenosis 9 (N.S.). Supplementum Cartographiae Geobotanicae 7: 1-524.
- Fałtynowicz W., Kowalewska A., Fałtynowicz H., Piegdoń A., Patejuk K., Górski P., Halama M., Staniszek-Kik M. 2018. Epiphytic lichens of *Quercus robur* in Wigry National Park (NE Poland). Steciana 22 (1): 9-17. DOI: <https://doi.org/10.12657/steciana.022.002>.
- Fritz Ö. 2009. Vertical distribution of epiphytic bryophytes and lichens emphasizes the importance of old beeches in conservation. Biodiversity and Conservation 18: 289-304.
- Gierczyk B., Szczepkowski A., Kujawa A., Ślusarczyk T. 2019a. Contribution to the knowledge of mycobiota of the Kampinos National Park (Poland). Part 2. Acta Mycologica 54 (1) 1116. DOI: <https://doi.org/10.5586/am.1116>.
- Gierczyk B., Szczepkowski A., Kujawa A., Ślusarczyk T. 2019b. Contribution to the knowledge of the fungal biota of Kampinos National Park (Poland). Part 3. Acta Mycologica 54 (2): 1129. DOI: <https://doi.org/10.5586/am.1129>.
- Gierczyk B., Szczepkowski A., Kujawa A., Ślusarczyk T., Zaniewski P. 2017. Contribution to the knowledge of fungi of the Kampinos National Park (Poland) with particular emphasis on the species occurring in burnt places. Acta Mycologica 52 (1): 1093. DOI: <https://doi.org/10.5586/am.1093>.
- Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4 (1): 1-9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Király I., Ódor P. 2010. The effect of stand structure and tree species composition on epiphytic bryophytes in mixed deciduous-coniferous forests of Western Hungary. Biological Conservation 143: 2063-2069.
- Kościełniak R. 2007. *Usnea florida* – threatened species of rich biotopes in the Polish Eastern Carpathians. Acta Mycologica 42 (2): 281-286. DOI: <https://doi.org/10.5586/am.2007.031>.
- Łubek A. 2012. A profile of lichen diversity down the trunk of common ash (*Fraxinus excelsior*) highlights its importance in maintaining lichen species diversity in the Oleszno reserve (Przedborski Landscape Park). Forest Research Papers 73 (1): 23-32. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10111-012-0003-7>.
- Nadkarni N. M., Geoffrey G., Parker G. G., Lowman M. D. 2011. Forest canopy studies as an emerging field of science. Annals of Forest Science 68 (2): 217-224. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0046-6>.
- Ódor P., Király I., Tinya F., Bortignon F., Nascimbene J. 2013. Patterns and drivers of species composition of epiphytic bryophytes and lichens in managed temperate forests. Forest Ecology and Management 306: 256-265.
- Pastirčáková K., Ostrovský R., Pastirčák M. 2018. Mycobiota in dead and damaged branches of silver birch in Slovakia. Baltic Forestry 24 (1): 17-23.
- Perry D. R. 1978. A method of access into the crowns of emergent and canopy trees. Biotropica 10 (2): 155-157.
- Rayner A. D. M., Boddy L. 1986. Population structure and the infection biology of wood-decay fungi in living trees. Advances in Plant Pathology 5: 119-160.
- Rayner A. D. M., Boddy L. 1988. Fungal decomposition of wood; its biology and ecology. Wiley, Chichester.
- Schwarze F. W. M. R., Engels J., Mattheck C. 2000. Fungal strategies of wood decay in trees. Springer Verlag Berlin – Heidelberg – New York.
- Sillett S. C. 1995. Branch epiphyte assemblages in the forest interior and on the clearcut edge of a 700-year-old forest canopy in western Oregon. Bryologist 98: 301-312.
- Sillett S. C., Antoine M. E. 2004. Lichens and Bryophytes in Forest Canopies. W: Lowman M. D., Rinker H. B. [red.]. Forest Canopies 2. San Diego, London, Elsevier Academic Press. 151-174. <https://www.elsevier.com/books/forest-canopies/lowman/978-0-12-457553-0>.
- Sillett S. C., Rambo T. R. 2000. Vertical distribution of dominant epiphytes in Douglas-fir forests of the central Oregon Cascades. Northwest Science 74 (1): 44-49.
- Smith A. J. E. 1982. Epiphytes and epiliths. W: Smith A. J. E. [red.]. Bryophyte ecology Chapman & Hall, London. 191-227.
- Sunhede S., Vasiliauskas R. 1996. Wood and bark inhabiting fungi on oak in Lithuania. Baltic Forestry 2: 23-27.
- Tyszkiewiczowa J. 1935. Badania nad występowaniem porostów nadrzecznych w lasach północno-wschodniej części Wyżyny Kielecko-Sandomierskiej. Planta Polonica 3: 1-119.
- Unterseher M., Otto P., Morawetz W. 2005. Species richness and substrate specificity of lignicolous fungi in the canopy of a temperate, mixed deciduous forest. Mycological Progress 4 (2): 117-132.
- Vuidot A., Paillet Y., Archaux F., Gosselin F. 2011. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. Biological Conservation 141 (1): 441-450.