

Specyfika lichenobioty na obszarze Olkuskiego Okręgu Rudnego

Urszula BIELCZYK

Instytut Biologii, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, 30-084 Kraków, ul. Podchorążych 2, e-mail: bielczyk@up.krakow.pl

Wstęp

Porosty, poprzez swoją wieloskładnikową budowę i wynikającą z tego biologię, zdolne są do zasiedlania skrajnie nieprzyjaznych dla życia środowisk. Występują w różnych, często w ekstremalnych warunkach klimatycznych i rozwijają się na prawie każdym typie podłoża. Ważną cechą tych organizmów jest zdolność do tolerowania i/lub kumulowania w plechach pierwiastków, w tym np. metali ciężkich. Te m.in. właściwości porostów pozwalają na ich wykorzystywanie jako biowskaźników zanieczyszczenia atmosfery (Conti i Cecchetti 2001) i obecności metali ciężkich w podłożu (np. Aznar i in. 2008) wraz z możliwością ich stosowania w biogeochemicznych poszukiwaniach takich metali, jak np. Cu, Fe, Pb i Zn (Purvis i Halls 1996).

W środowisku wzbogaconym w związki metali porosty są często dominującym elementem bioróżnorodności – towarzyszą zespołom roślinnym lub tworzą, wspólnie z mszakami, samodzielne zbiorowiska (np. Wirth 1972; Purvis i Halls 1996; Paus 1997; Cuny i in. 2004). Dlatego w świecie siedliska takie są obiektem zainteresowania lichenologów, którzy prowadzą tam badania terenowe i laboratoryjne w aspekcie różnorodności gatunkowej, taksonomii, biogeografii, ekologii, fizjologii, a zwłaszcza tolerancji porostów na wysokie stężenia metali i ich adaptacji do warunków środowiskowych (Purvis

i Halls 1996; Purvis i Pawlik-Skowrońska 2008; Bačkor i Loppi 2009). Wegetacji porostów sprzyjają zwłaszcza substraty/podłoża z cynkiem i ołowiem, a niektóre gatunki z rodzajów *Gyalideopsis*, *Sarcosagium*, *Steinia*, *Vezdaea* wydają się być ograniczone do takich siedlisk. Ich pierwotne stanowiska, które są związane z naturalnymi wychodniami rud cynkowo-olowiowych, występują na wszystkich kontynentach, a w Europie poza Polską w Niemczech, Holandii, Francji, Belgii i Wielkiej Brytanii. Należą one jednak współcześnie do rzadkości. Większość powstała w sposób sztuczny wskutek wydobywania i przetwarzania rud metali.

Dotychczas z podłoży wzbogaconych w związki metali podano ponad 300 gatunków porostów (Cuny i in. 2004; Rajakaruna i in. 2011), które rosną na skałach naturalnych oraz na odpadach górniczych w otoczeniu kopalń i hut. Niektóre z nich zajmują siedliska antropogeniczne, niezwiązane z działalnością górniczą i hutniczą, np. impregnowane drewno, miejsca obok żelaznych krat, starych szyn kolejowych, ołowianych napisów na pomnikach, a także na murach obok garaży skażonych ołowiem z benzyny itp. (Purvis i Halls 1996). Z terenów pogórnich zawierających cynk i kadm w podłożu opisano także gatunki nowe dla nauki, jak *Micarea confusa* (Coppins i van den Boom 1995), *Pyrenocollema chlo-roccum* (Aptroot i van den Boom 1998) oraz *Cop-pinsia minutissima* (Lumbsch i Heibel 1998).

W Polsce stanowiska porostów związanych z podłożem wzbogaconym metalami znajdują się w południowej części kraju i obejmują głównie obszar Dolnego Śląska i Sudetów oraz tereny na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej (Bielczyk i Kossowska 2015). Te ostatnie związane są z wielowiekową działalnością górniczą i hutniczą, a jednym z najcenniejszych przyrodniczo, w tym również w odniesieniu do bioty porostów, jest Olkusi Okręg Rudny (OOR). Wydobycie i przetwórstwo rud w regionie olkuskim spowodowało zniszczenie powierzchni gleby i naturalnej roślinności oraz degradację krajobrazu. Występują tu licznie odkrywki, wyrobiska po wydobyciu rud, hałdy odpadów z dawnych i współczesnych procesów technologicznych. Gleby na nich powstałe zawierają duże, ponadprzeciętne ilości metali ciężkich (głównie cynku i ołowiu), równocześnie są ubogie w składniki pokarmowe i suche (Grodzińska i Szarek-Łukaszevska 2009; Grodzińska i in. 2010). Jak wskazano w cytowanych pracach, również duże jest zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego dwutlenkiem siarki i pyłem wraz z metalami ciężkimi.

Obszar ten jest pełen kontrastów przyrodniczych. Znajdują się tutaj tereny całkowicie zmienione przez człowieka, ale zachowały się także miejsca o mniejszym stopniu przekształcenia ze zbiorowiskami roślinnymi o charakterze półnaturalnym. Wykształciły się tu jedyne w Polsce galmanowe zbiorowiska roślin, które tolerują metale bądź preferują ich wysoki poziom w glebie (Szarek-Łukaszevska i Grodzińska 2011). Obok bogactwa gatunkowego obszar ten jest ostoją dla cennych, niejednokrotnie zagrożonych wyginieciem gatunków roślin i grzybów (Mleczko i in. 2009; Kapusta i in. 2010; Nowak i in. 2011). Stosunkowo nieliczne prace lichenologiczne z terenu OOR wskazywały na bogactwo gatunkowe porostów na tych unikatowych stanowiskach w Polsce (Kiszka 2003, 2009; Kiszka i Kościelniak 2006; Bielczyk i in. 2009). Specyfikę tej bioty charakteryzuje m.in. obecność gatunków o zdolnościach tolerancji lub/i akumulacji metali ciężkich w plechach (Pawlik-Skowrońska i in. 2008; Pawlik-Skowrońska i Bačkor 2011).

Ostatnie badania lichenologiczne przeprowadzone w ramach interdyscyplinarnego projektu „Roślinność gleb galmanowych i jej znaczenie dla

zachowania różnorodności biotycznej i krajobrazowej terenów pogórnicych” (MF EOG PL0265) realizowanego w latach 2008–2011 dostarczyły kolejnych istotnych danych o porostach OOR, których efektem jest niniejsze opracowanie. Jego celem jest (1) podanie listy gatunków porostów i grzybów naporostowych występujących na tym terenie wraz z ich rozmieszczeniem, (2) charakterystyka lichenobioty ze wskazaniem jej specyfiki na terenach pogórnicych oraz (3) próba określenia występujących dla porostów zagrożeń i możliwości ich ochrony.

Materiał i metody

Badania terenowe zostały przeprowadzone w latach 2008–2009 na terenie pogórnicych Olkuskiego Okręgu Rudnego. Obszar ten o powierzchni 48 km² zlokalizowany jest w południowo-wschodniej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (50°15' – 50°19'N i 19°25' – 19°32'E (Godzik – Rozdział 2, niniejszy tom) i zawiera się w kwadratach DF36 i DF46 systemu ATPOL. Dokładny opis terenu badań zamieszczony jest m.in. w pracach Stefanowicz i in. (2010), Nowak i in. (2011), także w niniejszym tomie (Godzik – Rozdział 2 oraz Kapusta i Godzik – Rozdział 6).

Szczegółowe badania lichenologiczne przeprowadzono na 49, oznaczonych numerami 1–30, 32–34, 36–51, jednorodnych płatach roślinności sześciu typów siedlisk, w ramach przyjętej metodyki określonej w projekcie MF EOG PL0265 (Kapusta i Godzik – Rozdział 6, niniejszy tom).

Materiał badawczy stanowiły porosty (grzyby zlichenizowane) występujące na wszystkich dostępnych podłożach w obrębie wyznaczonych powierzchni. Była to gleba, kamienie, fragmenty roślin i drewna, a w lasach uwzględniono również korę pniaków, opadłych gałęzi i najniższych partii pni drzew. Taksony pewne do rozpoznania były notowane w terenie, pozostałe na podstawie zebranych próbek identyfikowano w laboratorium. Skład wtórnych metabolitów badano metodą chromatografii cienkowarstwowej (Orange i in. 2001; Kubiak i Kukwa 2011). Łącznie zgromadzono ponad 1490 rekordów (zebrane okazy i notowania terenowe). Okazy porostów zebrane w trakcie badań zostały zdeponowane w herbarium Zakładu

Botaniki Uniwersytetu Pedagogicznego im. KEN w Krakowie (KRAP).

Nomenklaturę taksonów porostów przyjęto za Diederichem i in. (2012) oraz Smithem i in. (2009), z wyjątkiem taksonów: *Viollella* (Spribille i in. 2011), *Verrucaria* (Krzewicka 2012), *Cladonia conista* (Pino-Bodas i in. 2012), *Lecanora saxicola* (Laundon 2010), a grzybów naporostowych wg Czyżewskiej i Kukwy (2009).

W części wynikowej gatunki zestawione zostały w porządku alfabetycznym. Przy każdym podano rodzaj podłoża, na którym występował oraz łączną liczbę i numery stanowisk, na których został odnaleziony.

W pracy użyto następujących skrótów i symboli: OOR – Olkuski Okręg Rudny; * – oznaczenie grzyba naporostowego; St. – suma stanowisk dla danego taksonu oraz kody i numery jego stanowisk; EN – gatunek wymierający; VU – gatunek narażony; NT – gatunek bliski zagrożenia; DD – niedostateczne dane (Cieśliński i in. 2006).

Typy siedlisk z numerami stanowisk (Kapusta i Godzik – Rozdział 6, niniejszy tom):

FS – lasy sosnowe na piaskach: 22, 26, 28, 32, 33, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47;

FW – lasy sosnowe na odpadach górniczych: 23, 24, 25, 27, 29, 38;

GS – murawy ciepłolubne z dominacją *Festuca ovina* na piaskach: 3, 4, 8, 9, 12, 20, 46;

GW – murawy ciepłolubne na odpadach górniczych: 1, 14, 15, 16, 17, 34; 51;

MW – murawy z dominacją *Molinia caerulea* na odpadach górniczych: 2, 13, 21, 30, 49, 50;

P – mezofilna murawa na odłogach: 5, 6, 7, 10, 11, 18, 19, 48.

Wyniki

Ogółem w Olkuskim Okręgu Rudnym stwierdzono 94 gatunki porostów i 3 gatunki grzybów naporostowych. Cztery problematyczne okazy zaklasyfikowano tylko do rodzaju (*Bacidina* sp., *Epigloea* sp., *Macentina* sp., *Stigmidium* sp.), gdyż ich identyfikacja wymaga dalszych badań. Ponadto, na liście zamieszczono gatunki z rodzaju *Cladonia* spp. i *Verrucaria* spp., których oznaczenie było niemożliwe ze względu na słabo wykształcone lub zdegenerowane plechy.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono występowanie dwóch nowych dla Polski gatunków porostów: *Agonimia vouauxii* i *Vezdaea leprosa*. Trzydzieści innych taksonów nie było znanych dotychczas z Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (*Bacidina saxenii*, *B. chlorotricula*, *Cladonia conista*, *C. monomorpha*, *Cladoniicola stauospora*, *Lichenonium erodens*, *L. lecanorae*, *Micarea nigella*, *Placynthiella dasaea*, *Ropalospora viridis*, *Scoliciosporum sarothamni*, *Thelidium fumidum*, *Viollella fucatus*). Osiemnaście taksonów stwierdzono po raz pierwszy w OOR (*Absoconditella lignicola*, *Buellia punctata*, *Caloplaca cerina* var. *muscorum*, *Cladonia chlorophaea*, *C. digitata*, *C. floerkeana*, *C. rei*, *C. scabriuscula*, *Lecanora pulicaris*, *Lepraria incana*, *Micarea nitschkeana*, *Placynthiella oligotropha*, *P. uliginosa*, *Pseudevernia furfuracea*, *Trapeliopsis granulosa*, *Verrucaria fuscella*, *V. viridula*, *V. xyloxena*).

Taksonomicznie najliczniejszą grupę reprezentowali przedstawiciele rodzajów *Cladonia* (19 gatunków) i *Verrucaria* (8). Do najczęściej występujących gatunków należały: *Vezdaea leprosa* (na 26 stanowiskach), *Lecanora conizaeoides* (na 24), *Cladonia monomorpha* (na 23), *C. pyxidata* (na 20) (Ryc. 1), *Cladonia rei*, *Sarcosagium campestre*, *Scoliciosporum chlorococcum* (na 18), *Agonimia vouauxii*, *Cladonia coniocraea*, *Micarea micrococca*, *Verrucaria bryoctona*, *V. muralis* (na 15 stanowiskach). Porosty odnotowano na wszystkich badanych powierzchniach. Liczba gatunków była bardzo zróżnicowana i wahała się od jednego (stanowisko nr 38) do 38 gatunków (stanowisko nr 14). Najbogatsze w porosty były powierzchnie muraw ciepłolubnych, zwłaszcza na powierzchniach nr 1, 3, 8, 14, 15, 17, 20, 34, 46, 51, gdzie występowało od 14 do 38 gatunków. Wśród form morfologicznych zdecydowaną przewagę liczebną miały porosty skorupiaste (70 gatunków). Mniej liczna (23 gatunki) była grupa porostów o plechach krzaczkowatych, jednak one występowały często i w dużych populacjach. Zaledwie 8 gatunków tworzyły formy listkowate.

Biota porostów OOR ukształtowała się pod dużym wpływem różnorodnych czynników antropogenicznych. Ich wyznacznikami są m.in.:

- gatunki pionierskie i efemeryczne o możliwościach szybkiej i skutecznej kolonizacji odkrytych powierzchni skalnych i gleby, np.: *Sarcosagium campestre* (Ryc. 2), *Vezdaea*

leprosa, *V. aestivalis*, *Steinia geophana*, *Bacidina saxenii*, *Leptogium biatorinum*, *Verrucaria bryoctona*);

- gatunki, u których udokumentowano zdolność tolerancji lub/i akumulacji metali ciężkich w plechach, m.in.: *Hypocenomyce scalaris*, *Lepraria incana*, *L. elobata*, *L. jackii*, *Cladonia furcata*, *C. pocillum*, *C. fimbriata*, *Peltigera didactyla*, *Hypogymnia physodes*, *Stereocaulon incrustatum*, *Diploschistes muscorum* (Ryc. 3);
- gatunki uzależnione od obecności cynku i ołowiu w podłożu, m.in. *Vezeadaea leprosa* (Ryc. 4), *V. aestivalis*, *Bacidina saxenii*;
- dominacja gatunków wchodzących w skład zbiorowisk naziemnych (epigeity i epibryofity; niektóre kolonizują plechy innych porostów oraz zasiedlają drobne kamyki i fragmenty drewna w glebie);
- zdecydowana przewaga form skorupiastych;
- zmiany morfologiczne widoczne u porostów wielkoplechowych (zniekształcenia, karłowacenie, wykruszanie fragmentów plech, wyraźne plamy przebarwień);
- ubóstwo epifitów, z wyjątkiem najbardziej toksytolerancyjnych (np. *Scoliciosporum chlorococcum* i *Lecanora conizaeoides*);
- niewielki udział epiksyli.

Inną cechą wyróżniającą lichenobiotę OOR jest obecność gatunków rzadkich i zagrożonych, które wskazują na jej unikatowy charakter w Polsce. Trzy gatunki (*Vezeadaea leprosa*, *Agonimia vouauxii*, *Thelocarpon imperceptum*) mają tu dotychczas jedyne stanowiska w Polsce. Występują gatunki bardzo rzadkie w skali kraju, znane z pojedynczych stanowisk (np. *Bacidina saxenii*, *B. chlorotricula*, *Cladonia conista*, *Verrucaria xyloxena*, czy grzyb naporostowy *Cladoniicola staurospora*). Obecne są taksony podlegające w Polsce ochronie prawnej: *Caloplaca cerina* var. *muscorum*, *Cetraria aculeata*, *C. islandica*, *Cladonia mitis*, *Peltigera didactyla*, *P. rufescens*, *Pseudevernia furfuracea*, *Stereocaulon incrustatum* (Ryc. 5) oraz zagrożone w skali kraju (Cieśliński i in. 2006) (*Stereocaulon incrustatum* EN, *Caloplaca cerina* var. *muscorum* VU, *Cetraria islandica* VU, *Arthonia fusca* NT, *Vezeadaea aestivalis* DD).

Wykaz gatunków

Absoconditella lignicola Vězda & Pišút – pniaki sosny w lesie. St. 3 – FW: 29; FS: 39, 43.

Acarospora moenium (Vain.) Räsänen [syn. *Aspicilia moenium* (Vain.) G. Thor & Timdal] – fragment eternitu. St. 1 – GW: 14.

Agonimia vouauxii (B. de Lasd.) M.Brand & Diederich – fragmenty roślin, głównie mszaków. St. 15 – GS: 3; P: 5, 7, 10, 11, 18, 19; GS: 8, 9; MW: 13, 50; GW: 14, 15, 17, 34.

Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheid.] – kora sosny. St. 1 – GW: 14.

Arthonia fusca (A. Massal.) Hepp [syn. *Arthonia lapidicola* (Tayl.) Branth & Rostr.] – drobne kamienie. St. 3 – GW: 1, 15, 51.

Bacidia bagliettoana (A. Massal. & De Not.) Jatta – fragmenty roślin, głównie mszaków. St. 9 – P: 6; GW: 14, 15, 16, 17, 34; FW: 23; MW: 30, 50.

Bacidina chlorotricula (Nyl.) Vězda & Poelt – fragmenty roślin, kamyki, w miejscach wilgotnych. St. 9 – MW: 2, 30, 50; P: 10, 18, 19; GS: 12; GW: 14; FW: 23.

Bacidina phacodes (Körb.) Vězda – wilgotne drewno, fragmenty mszaków. St. 5 – MW: 13; GW: 15; P: 19; FW: 24, 29.

Bacidina saxenii (Erichsen) comb. ined. [syn. *Bacidia saxenii* Erichsen] – szczątki roślin. St. 1 – GW: 14.

Bacidina sp. – fragmenty roślin. St. 1 – GW: 14.

Baeomyces rufus (Huds.) Rebert. – gleba. St. 2 – GW: 1, 14.

Bilimbia sabuletorum (Schreb.) Arnold – szczątki roślin, kamyki. St. 5 – GW: 14, 15; FW: 23, 25; MW: 50.

Caloplaca cerina var. *muscorum* A. Massal. – szczątki roślin. St. 1: obok stanowiska nr 14.

Candelariella aurella (Hoffm.) Zahlbr. – kamienie. St. 3 – GW: 14, 15, 51.

Cetraria aculeata (Schreb.) Fr. – gleba. St. 3 – GW: 14, 15, 51.

- Cetraria islandica* (L.) Ach. – gleba. St. 1: GW – 14. Gatunek częsty poza badanymi powierzchniami.
- Cladonia cariosa* (Ach.) Spreng. – gleba, kamyki. St. 13 – GS: 3, 4, 8, 9, 46; P: 6, 7, 10; GW: 14, 15; FW: 27; MW: 30, 49.
- Cladonia chlorophaea* (Sommerf.) Spreng. – humus. St. 4 – GS: 8; MW: 13; GW: 14; FS: 44.
- Cladonia coniocraea* (Flörke) Spreng. – kora drzew, pniaki, kawałki drewna. St. 15 – P: 18; FS: 22; FS: 24, 28, 33, 37, 41, 42, 44, 45, 47; FW: 27, 29; GS: 46; GW: 51.
- Cladonia conista* (Ach.) Robbins – gleba z kamykami. St. 4 – GS: 8, 12, 46; MW: 30.
- Cladonia digitata* (L.) Hoffm. – gleba, drewno. St. 2 – FS: 43, 44.
- Cladonia fimbriata* (L.) Fr. – gleba, humus, kora sosny. St. 4 – FW: 23, 27; FS: 37; GS: 46.
- Cladonia floerkeana* (Fr.) Flörke – gleba. St. 1 – GS: 46.
- Cladonia foliacea* (Huds.) Willd. – gleba. St. 4 – GW: 1, 14, 15; FW: 24. Gatunek dosyć częsty poza badanymi powierzchniami.
- Cladonia furcata* (Huds.) Schrad. – gleba. St. 9 – GS: 8, 20; MW: 21, 30; FS: 37, 43, 45, 47; GS: 46.
- Cladonia glauca* Flörke – gleba, humus, drewno, kora sosny. St. 12 – GW: 1, 15, 16, 17, 34; P: 6; GS: 8, 46; FW: 23; MW: 30, 49; FS: 41.
- Cladonia mitis* Sandst. – gleba, humus. St. 3 – P: 7; FS: 41; GS: 46.
- Cladonia monomorpha* Aptroot, Sipman & van Herk – gleba. St. 23 – GW: 1, 14, 15, 16, 17, 51; GS: 3, 4, 8, 9, 20, 46; P: 6, 7, 19, 48; MW: 13, 21, 30, 49, 50; FW: 24, 29.
- Cladonia pocillum* (Ach.) Grognot – gleba, humus, mszaki. St. 9 – GW: 14, 15, 34, 51; P: 18, 19; FW: 23; MW: 30, 50.
- Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm. – gleba, humus, mszaki. St. 20 – GW: 1, 14, 15, 16, 17; GS: 3, 4, 8, 9, 12, 20, 46; P: 19; MW: 21, 30, 49; FW: 23, 27; FS: 37, 41.
- Cladonia rangiformis* Hoffm. – gleba piaszczysta. St. 3 – GW: 14, 15; FW: 24.
- Cladonia rei* Schaer. – gleba, humus. St. 18 – GW: 1, 34, 51; GS: 3, 4, 8, 9, 12, 20, 46; P: 6, 7, 18, 19; MW: 13, 21, 30; FS: 45.
- Cladonia scabriuscula* (Delise) Leight. – gleba. St. 4 – GS: 3, 4; P: 7; GW: 14.
- Cladonia subulata* (L.) F.H. Wigg. – gleba. St. 10 – GS: 3, 4, 8, 12, 20, 46; P: 7, 48; MW: 13, 21.
- Cladonia symphy carpia* (Flörke) Fr. – gleba. St. 5 – GW: 14, 15, 16; FS: 37; MW: 49.
- Cladonia* spp. – gleba, humus. St. 8 – GS: 3; P: 5, 18, 19; MW: 21; FS: 22, 42; GW: 51.
- **Cladoniicola staurospora* Diederich, van den Boom & Aptroot – tuski *Cladonia* sp. St. 1 – GS: 3.
- Coenogonium pineti* (Schrad. ex Ach.) Lücking & Lumbsch [syn. *Dimerella pineti* (Ach.) Vězda] – kora sosny. St. 2 – FS: 37, 44.
- Collema limosum* (Ach.) Ach. – gleba. St. 6 – GW: 1, 15, 17, 34, 51; FW: 23.
- Collema tenax* (Sw.) Ach. – gleba. St. 1 – GW: 14.
- Diploschistes muscorum* (Scop.) R. Sant. – plechy *Cladonia* sp., mszaki, gleba, kamyki. St. 6 – GW: 1, 14, 16; P: 7; FS: 41; MW: 49. Gatunek częsty poza badanymi powierzchniami.
- Diploschistes scruposus* (Schreb.) Norman – kamienie. St. 1 – GW: 14.
- Epigloea* sp. – gleba. St: 1 – GS: 8.
- Hypocomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy – kora sosny, drewno. St. 8 – FS: 22, 41, 42, 43, 44, 47; FW: 38; GS: 46.
- Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. – kora sosny. St. 5 – GS: 8; FS: 26, 37, 42; FW: 27.
- Lecanora conizaoides* Nyl. ex Cromb. – kora sosny, drewno. St. 24 – P: 11; GW: 16; FS: 22, 26, 28, 32, 33, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47; FW: 23, 24, 25, 27, 29, 38; GS: 46.
- Lecanora dispersa* (Pers.) Sommerf. – kamienie. St. 4 – GW: 1, 14, 15; FW: 27.

- Lecanora pulicaris* (Pers.) Ach. – kora sosny. St. 1 – FW: 24.
- Lecanora saligna* (Schrad.) Zahlbr – drewno sosny. St. 2 – FW: 27, 29.
- Lecanora saxicola* (Pollich) Ach. [syn. *Lecanora muralis* (Schreb.) Rabenh., *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy] – beton. St. 1 – GW: 14.
- Lepraria elobata* Tønsberg – kora sosny, drewno. St. 12 – FS: 22, 32, 33, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 47; FW: 38.
- Lepraria incana* (L.) Ach. – kora sosny, drewno. St. 3 – FS: 39, 43, 44.
- Lepraria jackii* Tønsberg – kora sosny. St. 1 – FS: 44.
- Leptogium biatorinum* (Nyl.) Light. – kamienie. St. 3 – FW: 24; FS: 26, 37.
- **Lichenocodium erodens* M.S. Christ. & D. Hawksw. – plecha i owocniki *Lecanora conizaeoides*. St. 3 – GW: 14, 15, 51.
- **Lichenocodium lecanorae* (Jaap) D. Hawksw. – owocniki *Lecanora conizaeoides*. St. 11 – FS: 22, 26, 32, 33, 39, 41, 43, 45; FW: 24, 25, 27.
- Macentina* sp. – fragmenty roślin, głównie mszaków. St. 10 – GS: 3, 12, 20; P: 6, 7, 10, 11, 18; MW: 13; GW: 17.
- Micarea botryoides* (Nyl.) Coppins – kora i drewno sosny. St. 2 – FS: 22, 39.
- Micarea denigrata* (Fr.) Hedl. – kora i drewno sosny. St. 11 – GS: 3, 20, 46; GW: 14, 51; FW: 23, 24; FS: 26, 41, 43, 45.
- Micarea micrococca* (Körb.) Gams ex Coppins – kora sosny. St. 15 – FS: 22, 26, 28, 33, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45; FW: 24, 27; GS: 46.
- Micarea nigella* Coppins – drewno sosny. St. 1 – FS: 33.
- Micarea nitschkeana* (J. Lahm ex Rabenh.) Harm. – kora sosny. St. 2 – FW: 24; FS: 43.
- Mycobilimbia tetramera* (De Not.) Vitik., Ahti, Kuusinen, Lommi. & T. Ulvinen ex Hafellner & Türk. – mszaki. St. 1 – GW: 14.
- Parmelia sulcata* Taylor – kora sosny. St. 1 – FS: 26.
- Peltigera didactyla* (With.) J.R. Laundon – gleba. St. 1 – MW: 30. Gatunek dosyć częsty poza badanymi powierzchniami.
- Peltigera rufescens* (Weiss) Humb. – gleba. St. 1 – FS: 37. Gatunek częsty poza badanymi powierzchniami.
- Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg – kamienie. St. 2 – GW: 14, 15.
- Physcia caesia* (Hoffm.) Fürnr. – beton. St. 1 – GW: 14.
- Placopyrenium fuscillum* (Turner) Guéidan & Cl. Roux [syn. *Verrucaria fuscilla* (Turner) Winch.] – kamienie. St. 2 – GW: 14, 15.
- Placynthiella dasaea* (Stirt.) Tønsberg – drewno, humus. St. 9 – FW: 24, 29; FS: 28, 39, 40, 42, 43, 44; GS: 46.
- Placynthiella icmalea* (Ach.) Coppins & P. James – drewno, humus. St. 11 – P: 18; FW: 24; FS: 28, 33, 36, 40, 42, 43, 44, 45; GS: 46.
- Placynthiella oligotropha* (J.R. Laundon) Coppins & P. James – gleba, humus. St. 4 – GS: 4, 8; MW: 21; GS: 46.
- Placynthiella uliginosa* (Schrad.) Coppins & P. James – gleba, humus. St. 1 – FS: 43.
- Porpidia crustulata* (Ach.) Hertel & Knoph – drewno, kamień. St. 2 – GW: 14; P: 18.
- Protoblastenia rupestris* (Scop.) J. Steiner – kamień. St. 1 – GW: 51.
- Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf – gałązka świerka na ziemi. St. 1 – FS: 26.
- Ropalospora viridis* (Tønsberg) Tønsberg – kora sosny. St. 1 – FW: 27.
- Sarcosagium campestre* (Fr.) Poetsch & Schied. – gleba, humus, mszaki. St. 18 – GW: 1, 14, 15, 17, 34; MW: 2, 13, 21, 30, 50; GS: 3, 20, 46; P: 10, 19; FW: 23; FS: 37, 47.
- Scoliosporium chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda – kora sosny. St. 18 – P: 10; FS: 22, 26, 32, 33, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 47; FW: 24, 27, 29; GS: 46.

Scolicosporum sarothamni (Vain.) Vězda – kora brzozy i drewno. St. 4 – P: 10; FW: 24, 27; FS: 37.

Scolicosporum umbrinum (Ach.) Arnold – kamienie. St. 2 – GW: 14; FW: 25.

Steinia geophana (Nyl.) Stein – humus, gleba. St. 7 – GW: 1, 14, 16, 34; MW: 2; P: 7; GS: 9.

Stereocaulon incrustatum Flörke – gleba. St. 2 – GW: 14; FS: 41. Gatunek bardzo częsty poza powierzchniami badawczymi.

**Stigmidium* sp. – plechy *Agonimia vouauxii* i *Vezdaea* spp. St. 6 – GS: 3, 4, 8, 9, 20; MW: 13.

Strangospora moriformis (Ach.) Stein – drewno. St. 1 – GW: 14.

Thelidium fumidum (Nyl.) Hazsl. – kamień. St. 1 – FW: 27.

Thelocarpon imperceptum (Nyl.) Mig. – gleba. St. 1 – GW: 34.

Trapelia coarctata (Turner ex Sm.) M. Choisy – kamyk. St. 1 – P: 6.

Trapeliopsis flexuosa (Fr.) Coppins & P. James – humus, gleba. St. 7 – FW: 24, 29; FS: 33, 39, 41, 43, 44.

Trapeliopsis granulosa (Hoffm.) Lumbsch – gleba, humus. St. 3 – FS: 22, 40; GS: 46.

Verrucaria bryoctona (Th. Fr.) Orange – gleba, mszaki. St. 15 – GW: 1, 15, 16, 17, 34; MW: 2, 30, 50; GS: 4, 12, 20; P: 6, 7, 19; FW: 23.

Verrucaria dolosa Hepp – kamyki. St. 3 – MW: 2; GW: 15; FW: 23.

Verrucaria muralis Ach. – kamyki. St. 18 – GW: 1, 14, 15, 16, 17, 34, 51; MW: 2, 13, 30, 50; P: 6, 7, 19; GS: 20; FW: 23, 25; FS: 26.

Verrucaria nigrescens Pers. – kamyki. St. 10 – MW: 2, 50; P: 6, 18; GW: 14, 15, 17, 34; FW: 27, 29.

Verrucaria obfuscans (Nyl.) Nyl. – kamyki. St. 3 – GW: 14, 15, 17.

Verrucaria procopii Servit – kamyki. St. 3 – GW: 15, 34; MW: 50.

Verrucaria viridula (Schrad.) Ach. [syn. *Verrucaria silvatica* Zschacke] – kamyki. St. 1 – GW: 15.

Verrucaria xyloxena Norman – gleba. St. 1 – GS: 12.

Verrucaria spp. – kamyki. St. 2 – P: 6; FW: 27.

Vezdaea aestivalis (Ohlert) Tscherm.-Woess & Poelt – gleba, mszaki. St. 13 – GW: 1, 14, 17, 51; MW: 2, 13, 21, 49; P: 6, 11; GS: 12, 20; FW: 23.

Vezdaea leprosa (P. James) Vězda – fragmenty roślin, głównie mszaków, gleba, humus. St. 26 – GW: 1, 14, 15, 16, 17, 34, 51; MW: 2, 13, 21, 30, 50; GS: 3, 4, 9, 12, 20, 46; P: 10, 11, 18; FW: 23, 25, 27, 29; FS: 47.

Vezdaea rheocarpa Poelt & Döbbeler – fragmenty mszaków. St. 7 – MW: 2; P: 7, 18; GW: 14, 15, 17; FW: 27.

Violella fucatus (Stirt.) Zahlbr. [syn. *Mycoblastus fucatus* (Stirt.) Zahlbr.] – kora sosny, drewno. St. 2 – P: 10; FW: 24.

Dyskusja

Olkuski Okręg Rudny cechuje znacząca różnorodność gatunkowa porostów, którą warunkuje mozaika siedlisk występujących na obszarze górniczym. Są tu piaski, odpady galmanowe, podłoże o zróżnicowanym odczynie (pH), różnej wilgotności i stopniu nasłonecznienia. Liczba stwierdzonych tu taksonów jest porównywalna z wykazami porostów z podobnych obszarów Europy: Belgii, Holandii, Francji, Niemiec i Wielkiej Brytanii (Purvis i Halls 1996; Heibel 1999). Skład gatunkowy porostów na poszczególnych stanowiskach jest niejednorodny, zdeterminowany lokalnymi czynnikami edaficznymi, mikroklimatycznymi i biotycznymi. Również stopień rozpowszechnienia poszczególnych gatunków jest zróżnicowany.

Wyznacznikiem zbiorowisk roślinnych na glebach naturalnie i wtórnie wzbogaconych w metale ciężkie są metalofity – gatunki tolerujące lub preferujące ich wysokie stężenia w glebie. Porosty poprzez swoją specyficzną budowę i biologię są generalnie organizmami przystosowanymi do bytowania w nieprzyjnym do życia środowisku, w tym skażonym metalami ciężkimi. Trudno jednak wskazać, które z gatunków rosnących na

terenach galmanowych są obligatoryjnymi metalofitami. Można jednak przyjąć, że wszystkie tolerują podwyższoną zawartość metali ciężkich w podłożu i powietrzu atmosferycznym. Spośród nich 60 (50%) podano z innych terenów zawierających cynk i/lub ołów w podłożu (Purvis i Halls 1996; Heibel 1999; Cuny i in. 2004; Banášová 2006, Smith i in. 2009; Rajakaruna i in. 2011; Bielczyk i Kossowska 2015). U wielu udokumentowano zdolność tolerancji lub/i akumulacji tych pierwiastków w plechach (Pawlik-Skowrońska i in. 2008; Pawlik-Skowrońska i Bačkor 2011). Wśród porostów o plechach krzaczkowatych i charakterystycznych dla środowisk z cynkiem i ołowiem wymieniane są gatunki z rodzaju *Stereocaulon*, a zwłaszcza *S. nanodes*. Tymczasem w OOR stwierdzony został dotychczas jedynie *Stereocaulon incrustatum*, nie podawany z porównywanych terenów w Europie. Gatunek ten w badanym terenie występuje często, tworzy duże populacje i jak wykazały badania Pawlik-Skowrońskiej i in. (2008) akumuluje w swoich plechach znaczne ilości metali ciężkich. Bardzo częstym gatunkiem jest także uznany za hiperakumulatora cynku – *Diploschistes muscorum* (Sarret i in. 1998). Wegetacja szeregu innych gatunków o plechach skorupiastych, u których nie wykazano wprawdzie zdolności akumulacji metali ciężkich, wydaje się być od nich zależna. Są to np. *Vezdaea leprosa* i *V. aestivalis*, które poza terenami metalonośnymi, mają również stanowiska wokół galwanicznych barier ochronnych przy drogach w Niemczech i Wielkiej Brytanii (Ernst 1995; Gilbert 2000). Podobnie *Bacidina saxenii* rośnie poniżej metalowych słupów elektrycznych, a także na ocynkowanych puszkach i zbiornikach olejowych (Gilbert 1990).

Z ekologicznego punktu widzenia na wyróżnienie zasługuje obecność w OOR porostów, których głównym lub dodatkowym komponentem autotroficznym są sinice. Poprzez zdolność wiązania wolnego azotu, są one ważnym ogniwem łańcucha troficznego, zwłaszcza na glebach galmanowych ubogich w biogeny. Tę grupę na terenach galmanowych reprezentują: *Peltigera rufescens*, *P. didactyla*, *Stereocaulon incrustatum*, *Collema limosum*, *C. tenax* i *Leptogium biatorinum*.

Cechą charakterystyczną lichenobioty OOR jest obecność grupy porostów pionierskich

o zdolnościach szybkiego kolonizowania odkrytych powierzchni skalnych i gleby. Gatunki te odgrywają bardzo ważną rolę w ekosystemach, ponieważ stabilizują podłoże w początkowym stadium sukcesji roślin. Do najbardziej typowych dla podłoża skażonego metalami ciężkimi wokół kopalń i hut, dodatkowo niestabilnego, należą krótkotrwałe porosty ruderalne tolerujące stres. Są one trudne do odnalezienia ze względu na bardzo małe rozmiary plech. Dodatkowo, niektóre z nich mają krótki cykl życiowy i zanikające owocniki, wytwarzane jedynie w wilgotnych porach roku (Gilbert 2004). Do tej grupy porostów odnalezionych na terenie OOR należą *Sarcosagium campestre*, *Vezdaea leprosa*, *V. aestivalis*, *Steinia geophana*, *Bacidina saxenii* i *Leptogium biatorinum*.

Możliwe jest również, przy dalszych badaniach, odszukanie kolejnych efemerycznych gatunków o drobnych plechach, które występują na podobnie zaburzonych siedliskach w różnych miejscach Europy. Do takich porostów zaliczyć można np. *Epigloea soleiformis*, *Gregorella humida*, *Bacidia viridescens* i *Gyalidea lecideopsis*. Są to gatunki tolerujące obecność metali ciężkich w podłożu i rosnące m.in. w pobliżu kopalń cynku i ołowiu w Wielkiej Brytanii (Smith i in. 2009). Gatunki te odnotowane zostały również w Polsce na pojedynczych stanowiskach w Karpatach i północno-zachodniej części kraju (Ceynowa-Giełdon 2002; Czarnota 2003; Czarnota i Coppins 2007; Flakus 2007).

Cennymi elementami bioty porostów omawianego terenu są gatunki rzadkie i bardzo rzadkie. Trzy spośród nich – *Vezdaea leprosa*, *Agonimia vouauxii* i *Thelocarpon imperceptum* mają tutaj jedyne stanowiska w Polsce. *Vezdaea leprosa* to porost efemeryczny, o bardzo krótkim cyklu życiowym, który pełny rozwój osiąga w okresie późnej jesieni i zimy. W omawianym terenie występuje obficie na bardzo licznych stanowiskach; rośnie na żywych i obumierających mszakach naziemnych, rzadziej na fragmentach roślin kwiatowych i na glebie w obrębie muraw ciepłolubnych, wilgotnych zbiorowisk trawiastych i lasów sosnowych na odpadach górniczych, rzadziej wśród roślinności odłogowanych gleb orných. Gatunek ten, przywiązany do podłoża zasobnego w cynk i ołów, jest częstym składnikiem bioty porostów środowisk skażonych metalami

ciężkimi. Jest znany z Europy, Madery, Ameryki Północnej i Południowej oraz Azji z siedlisk naturalnych i antropogenicznych (Chambers i Purvis 2009). *Agonimia vouauxii* – gatunek odszukany na 15 stanowiskach w OOR, gdzie rośnie na szczątkach roślin w obrębie muraw ciepłolubnych i wilgotnych zbiorowisk trawiastych uformowanych na odpadach górniczych, rzadziej na piaskach i odłogowanych glebach ornym. Jest to gatunek nieczęsty w Europie (Pykälä 2007), podawany z siedlisk antropogenicznych (Sérasiaux i in. 1999; Vondrák i in. 2010). *Thelocarpon imperceptum* – to porost naziemny, znany z jednego stanowiska na zreklamowanym wyrobisku górniczym w okolicach Bolesławia (Kiszka 2009). Jest to bardzo rzadki gatunek w Europie, podawany ze Szwajcarii i Rosji, a ostatnio odnaleziony w Holandii (van den Boom 2000) i Ukrainie (Khosodovtsevet i in. 2010).

W analizowanej lichenobioocie na wyróżnienie zasługują gatunki znane dotychczas w Polsce z pojedynczych stanowisk. Niektóre z tych gatunków opisane zostały dopiero w ostatnich latach i nie jest jeszcze poznane ich ogólne rozmieszczenie. Ich stwierdzenie w badanym terenie wzbogaca biotę porostów kraju o nowe stanowiska i podnosi ogólnoprzyrodnicze wartości omawianego obszaru. Są to m.in.: *Bacidina saxenii* (Czarnota i Coppins 2007), *Bacidina chlorotricula*, *Cladonia conista* (Fałtynowicz 2003), *Verrucaria xyloxena* (Krzewicka 2012) i grzyb naporostowy *Cladoniicola stauropora* (Czyżewska i Kukwa 2009). Warto również wyróżnić dwa bardzo częste w omawianym terenie mikroporosty charakterystyczne dla miejsc pogórniczych Europy (Gilbert i Purvis 2009; Orange i in. 2009). Jest to *Sarcosagium campestre* – gatunek efemeryczny, tworzący owocniki w wilgotnej i chłodnej porze roku, jesienią i zimą, najczęściej od sierpnia do lutego (Gilbert 2004). W omawianym terenie rośnie na glebie, mchach i szczątkach roślin naczyniowych, zwykle w obrębie muraw ciepłolubnych na odpadach górniczych, sporadycznie w lasach, odłogach i wilgotnych zbiorowiskach trawiastych. Na terenie Polski rozproszony jest na niżu i w górach (Fałtynowicz 2003). Drugi to *Verrucaria bryoctona* – gatunek spotykany często na szczątkach mszaków i roślin kwiatowych, najczęściej w obrębie muraw ciepłolubnych na odpadach górniczych i piaskach,

rzadko wśród roślinności na odłogowanych glebach rolnych. Gatunek znany w Polsce z pojedynczych stanowisk w górach (Tatry, Bieszczady, Gorce, Sudety), Obszaru Chęcińskiego oraz na niżu (Pomorze, Kujawy) (Fałtynowicz 2003; Krzewicka 2012).

Zaprezentowany unikatowy charakter bioty porostów OOR stanowi poważny argument do podejmowania działań w celu ich ochrony (Bielczyk 2012). Najcenniejszymi elementami lichenobioty regionu olkuskiego są gatunki występujące w obrębie ekologicznie wyspecjalizowanych zbiorowisk niskich muraw na podłożu galmanowym z klasy *Violetea calaminariae* (Szarek-Łukaszewska i Grodzińska 2011). Budują je, podobnie jak w przypadku roślin, gatunki porostów światło- i ciepłolubnych, preferujących gleby o odczynie zasadowym i tolerujące metale ciężkie. Formy wielkoplechowe mają tu zagwarantowane właściwe oświetlenie i w tym względzie rośliny zielne nie są dla nich czynnikiem eliminującym. Natomiast mikroporosty charakteryzuje szczególna fenologia, która polega na tym, że rozwijają się i wytwarzają owocniki po zakończeniu wegetacji roślin, tzn. jesienią i wczesną wiosną, a nawet zimą. Zagrożeniem dla tej grupy gatunków, podobnie jak całych zbiorowisk niskich muraw galmanowych jest nieprzemyślana i chybiona z ekologicznego punktu widzenia rekultywacja (Kapusta i in. 2010). Polega ona na zalesianiu wyrobisk i zwałowisk głównie sosną, która wraz z naturalnym procesem zarastania powoduje zacinienie siedlisk i eliminację gatunków kserotermicznych, w tym naziemnych porostów. Konkretnym przykładem w tym względzie mogą posłużyć wyniki badań lichenologicznych przeprowadzonych na terenie użytku ekologicznego Pleszczotka (obecnie obszar Natura 2000). Ta ponad stuletnia murawa objęta ochroną prawną od roku 1997 zaczęła gwałtownie zarastać sosną. Jak wykazały badania Żegleń (2010), porosty naziemne występują tu głównie na niezacienionych fragmentach murawy. Czynnikiem ograniczającym ich wegetację jest również zalegające pod drzewami igliwie. W tym przypadku postulowana jest aktywna ochrona polegająca na wycięciu drzew i krzewów. Dla wszystkich gatunków porostów rzadkich wskazana jest ochrona ich stanowisk oraz stały monitoring, tak jak to na przykład postulował Kiszka (2009) dla *Thelocarpon imperceptum*.

Podziękowania

Szczególne podziękowania składam dr hab. Pawłowi Czarnocie, dr Adamowi Flakusowi i dr Ryszardowi Kozikowi za pomoc w oznaczaniu

i weryfikację krytycznych taksonów. Dr hab. Grażynie Szarek-Łukaszewskiej, dr Pawłowi Kapuście, dr Laurze Betlei i dr Robertowi Kościelnikowi jestem wdzięczna za wsparcie moich badań terenowych.