Materiały do opracowania: Godzik B., Piechnik Ł.: Puszcza Niepołomicka – zrównoważona gospodarka leśna a ochrona bogactwa przyrodniczego. [W:] Wójcicki J. J., Loster S. (red.) 2019. *Współczesna ochrona przyrody w Małopolsce. Przewodnik sesji terenowych 58. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego „Botanika bez granic", Kraków, 1–7 lipca 2019 r.* Polskie Towarzystwo Botaniczne & Instytut Botaniki, Polska Akademia Nauk, Warszawa – Kraków

Stacja Terenowa Instytutu Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk w Szarowie – Laboratorium Ekotoksykologiczne Zakładu Ekologii

Barbara Godzik
Małgorzata Stanek

Barbara Godzik, Małgorzata Stanek
Instytut Botaniki im. W. Szafera,
Polska Akademia Nauk,
ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków
e-mail: b.godzik@botany.pl

W Instytucie Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk każda z jednostek wewnętrznych posiada odpowiednio wyposażone laboratorium lub stanowisko laboratoryjne przystosowane do prowadzenia specjalistycznych analiz. Do najbardziej rozbudowanych i wyposażonych w wiele urządzeń analitycznych należy laboratorium do badań środowiskowych Zakładu Ekologii w Szarowie oraz specjalistyczne laboratorium molekularne Pracowni Analiz Molekularnych. Laboratoria Instytutu nie są akredytowane ze względu na olbrzymie zróżnicowanie analizowanych materiałów.

Stacja Terenowa Zakładu Ekologii

Stacja Terenowa Zakładu Ekologii Instytutu Botaniki PAN mieści się w Szarowie przy ul. Spokojnej 144 (Ryc. 1). Miejscowość położona jest 30 km na wschód od Krakowa, na południowo-zachodnim obrzeżu Puszczy Niepołomickiej. Od 1972 roku budynek Stacji (wówczas o powierzchni ponad 400 m^2) był dzierżawiony wraz z przylegającym ogrodem (0.73 ha). W roku 1978 budynek i ogród został zakupiony i od tej pory stanowi własność Instytutu. Pierwszym kierownikiem Stacji był prof. dr hab. Jan Greszta, a po jego odejściu w 1984 r. na Wydział Leśny Akademii Rolniczej w Krakowie (obecnie Uniwersytet Rolniczy), kierownictwo objęła prof. dr hab. Krystyna Grodzińska. Nieformalną opiekę nad Stacją sprawowała prof. dr hab. Barbara Godzik, która po przejściu na emeryturę

Ryc. 1. Stacja Terenowa Instytutu Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk w Szarowie (fot. B. Godzik).

Ryc. 2. Pracownia spektrofotometrii w Stacji Terenowej w Szarowie (fot. B. Godzik).

prof. K. Grodzińskiej, objęła w roku 2005 stanowisko kierownika Zakładu Ekologii i jednocześnie Stacji Terenowej Zakładu ekologii w Szarowie.

Stacja Terenowa w Szarowie początkowo służyła jako baza naukowa dla pracowników wykonujących badania w lasach Puszczy Niepołomickiej oraz prowadzących doświadczenia polowe w ogrodzie Stacji. Stopniowo budynek przekształcany był na laboratorium Zakładu Ekologii Instytutu Botaniki PAN. W latach 2006–2007 przeprowadzono kompleksową modernizację budynku, w wyniku której Stacja zyskała salę wykładową na ok. 30 osób, pokoje do pracy biurowej i dwa pokoje gościnne. W latach 2007–2010 wybudowano nowoczesny pawilon o łącznej powierzchni ponad 900 m^2, który przejął funkcję laboratorium. Wydzielono w nim specjalistyczne pomieszczenia, np. laboratorium chromatografii, spektrofotometrii (Ryc. 2 i 3), analiz siarki i węgla, analiz azotu. Najniższe poziomy w obu budynkach zajmują magazyny prób. Podczas ostatniej dużej modernizacji wydzielone zostały dwa pomieszczenia szklarniowe na piętrze budynku (Ryc. 4) oraz przebudowano dwa pomieszczenia w piwnicy budynku, co umożliwiło instalację nowoczesnej komory fitotronowej typu „walk-in" (Ryc. 5).

Laboratorium ekotoksykologiczne (Ryc. 2–5)

W ciągu ostatnich 10 lat Laboratorium zostało wyposażone w wysokiej jakości urządzenia pomiarowe (do najważniejszych należą spektrofotometry i chromatografy), umożliwiające wykonywanie specjalistycznych analiz chemicznych z zakresu ekotoksykologii na poziomie światowym. Laboratorium może wykonywać następujące pomiary:

– określanie stężeń metali (aluminium, arsen, kadm, ołów, miedź, cynk, żelazo, nikiel, tal, chrom, mangan, wapń, magnez, sód, potas, kobalt, molibden, wanad) spektrofotometrem absorbcji atomowej Varian 280 FS (z wewnętrzną korekcją tła, lampa deuterowa) oraz

spektrofotometrem absorpcji atomowej Varian 220 FS z korekcją tła (urządzenie wyposażone jest dodatkowo w kuwetę grafitową GTA 110, Australia);

– określanie śladowych stężeń metali ciężkich (j.w.) spektrofotometrem absorbcji atomowej Varian 280 z korekcją tła Zeemana wraz z kuwetą grafitową GTA 120, Australia;

– określanie stężeń podstawowych anionów w wodach i wyciągach wodnych (F^-, Cl^-, NO_2^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, Br^-, PO_4^{3-}) chromatografem jonowym Dionex ICS 1100, USA;

– określanie stężeń kationów w wodach i wyciagach wodnych (amoniak, wapń, magnez, sód, potas, lit) chromatografem jonowym Dionex-100, USA;

– określanie stężeń 16 węglowodorów aromatycznych oraz innych związków organicznych (WWA, ergosterol, specyficzne związki fenolowe) chromatografem gradientowym Dionex-500 (USA) z detektorem fluoroscencyjnym RF 2000 oraz detektorem absorbcji w nadfiolecie i świetle widzialnym AD20, USA;

– analiza chromatograficzna związków organicznych (FAME, BAME, chlorofenole) – chromatografem gazowym Varian 3900 z detektorem masowym typu pułapka jonowa wyposażonym w pompę turbomolekularną, pracującym w trybie jonizacji elektronowej firmy Varian model Saturn 2100T GC/MS wraz z autosamplerem firmy Varian model CP-8410, USA;

– analiza chromatograficzna związków organicznych (indeks oleju mineralnego C10–C40 oraz C12–C36, respiracja gleby – CO_2) chromatografem gazowym firmy Bruker model 450 z detektorem FID płomieniowo-jonizacyjnym DEFC 11 oraz stacja generowania gazów do detektora FID;

Ryc. 3. Pracownia chromatografii w Stacji Terenowej w Szarowie (fot. B. Godzik).

Ryc. 4. Szklarniaw Stacji Terenowej w Szarowie (fot. B. Godzik).

– pomiary kolorymetryczne (fosfor ogólny, związki taninowe, związki fenolowe, enzymy: β-glukozydaza, arylosulfataza, ureaza, kwaśna i zasadowa fosfomonoesteraza, oksydaza fenolowa i peroksydaza) kolorymetrem Hach Lange typ DR3800;

– ekstrakcja dowolnych składników z gleb, roślin i innych stałych substancji (**ASE-200**, Dionex, USA);

– zatężanie ekstraktów organicznych w wyparce próżniowej RapidVap Vertexer Evaporator, Labconco, USA;

– określanie stężeń azotu ogólnego w glebach i roślinach oraz białek analizatorem 2300 Kjeltec Unit Foss Tecator, Szwecja;

– określania zawartości węgla całkowitego, organicznego i nieorganicznego oraz LOI – analizatorem firmy LECO RC 612, USA;

– badanie zawartości rtęci w glebach i roślinach (analizator LECO AMA 254, USA);

– określanie stężeń siarki ogólnej i węgla (analizator firmy LECO SC144DR, USA);

– hodowla i inkubacja mikroorganizmów w glebach (dwa fitotrony szafkowe FITO 1400 firmy Biogenet, Polska);

– hodowla roślin i prowadzenie eksperymentów (szklarnie i fitotron typu „walk-in", Biosell, Polska);

– określanie stężeń ozonu przygruntowego (trzy mierniki Thermo Environmental Instruments Inc., model 49 i 49C, USA wraz z dataloggerami Campbell, Wielka Brytania);

Ryc. 5. Komora fitotronowa typu „walk-in”w Stacji Terenowej w Szarowie (fot. B. Godzik).

– pomiary meteorologiczne (13 parametrów) wykonywane przez dwie automatyczne stacje meteorologiczne Campbell, Wielka Brytania;

– określanie wysokości mokrej frakcji opadów atmosferycznych (trzy automatyczne deszczomierze, Polska).

Poza urządzeniami pomiarowymi, Laboratorium jest wyposażone również w drobniejszy sprzęt umożliwiający wykonanie podstawowych analiz i przygotowanie prób do analiz chemicznych, np.:

– pomiar odczynu (pH) –pehametr Hach HQ40d multi, USA;

– pomiar przewodności właściwej – Polska oraz konduktometr Hach HQ40d multi, USA;

– miksowanie prób stałych (gleby, rośliny) w młynku pulsacyjnym Fritsch Pulverisette 14 z zestawem wymiennych rozcieraków plastikowych, agatowych i stalowych, Niemcy, oraz w homogenizatorze do małych prób roślinnych Analysette3 Spartan Fritsch, Niemcy;

– sucha mineralizacja prób roślinnych (piec muflowy Ströhlein CSF-1100, Niemcy);

– mineralizacja mokra prób roślinnych i glebowych (piec Foss Tecator™ Digestor Auto, 20 miejsc do spalania, kolby 250 ml; piec Foss Tecator™ Digestor Auto, 40 miejsc do spalania, kolby 100ml, FOSS-Tecator, Szwecja);

– odwirowywanie i zagęszczanie prób w roztworach (wirówka laboratoryjna MPW-340, Polska);

– próżniowe odwirowywanie i odparowywania prób wirówką firmy Labconco CentrifugaVap Concentration, USA;

– suszenie sublimacyjne zamrożonych substancji w liofilizatorze firmy Labconco FreeZone6, USA;

– wygrzewanie lub chłodzenie prób w środowisku kąpieli wodnej (zakres temperatury –30–200°C) – łaźnia wodna KISS K20, Niemcy;

– głębokie mrożenie w zamrażarce SANYO (do temperatury –86°C), Japonia;

– inkubacja prób wraz z wytrząsaniem (inkubator z wytrząsaniem New Brunswick™ Innova® 42R, Niemcy);

– wytrząsanie prób (wytrząsarki poziome, Polska);

– odważanie prób (dwie wagi laboratoryjne wysokiej dokładności QUINTIX 124-1CEU (120 g, dokładność 0.0001 g), QUINTIX 513-1CEU (510 g, dokładność 0.001 g), Niemcy; dwie wagi firmy FAWAG ONYX 610 i 410, waga Sartorius CPA1245-OCE (dokładność 0.0001 g), waga laboratoryjna – techniczna Sartorius 3706 (dokładność 0.1 g));

– suszenie prób (suszarki laboratoryjne Ecocell firmy BMT oraz UNB500 firmy Memmert o zakresie temperatur 0–250°C);

– homogenizacja prób (homogenizator PT 1200E – Kinematica, Szwajcaria);

– zatężanie ekstraktów organicznych do analiz na chromatografach – aparat SPE-12G firmy Baker;

– redestylacja i dejonizacja wody (redestylator Rel 5, Polska; dejonizator Labconco, USA);

– dokładne odmierzanie objętości prób i objętości odczynników (pipety automatyczne, elektroniczne dozowniki);

– rozcieńczanie (automatyczna biureta do rozcieńczania prób Gilson 402 Dilutor--Dispenser, USA);

– pomiary kolorymetryczne na kolorymetrze Hach Lange typ DR3800;

– pomiar fluorescencji chlorofilu (fluorymetr przenośny MINI-PAM).

W Laboratorium wykonywane są analizy do wszystkich projektów badawczych pracowników Zakładu Ekologii, prowadzonych w ramach zarówno działalności statutowej, jak i projektów finansowanych przez inne podmioty. Wybrane projekty realizowane od 2000 r. przedstawiono poniżej.

Projekty międzynarodowe, MNiSW, NCN

„Evaluation of ozone air pollution and its phytotoxic potential in the Carpathian forests – a cooperative study between the Czech Republic, Poland, Romania, Slovakia, Ukraine and the United States"; USDA Foreign Agricultural Service, USA (FG-PO-391; PL-FS-111); 1997–2000; koordynator: dr Andrzej Bytnerowicz (USA); Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Krystyna Grodzińska, dr hab. Barbara Godzik – główny wykonawca polskiej części badań prowadzonych w 5-ciu parkach narodowych Polski południowej.

„Monitoring ozone in forests in Polish national parks in the Carpathian Mountains and assessment in injury to vegetation"; Grant polsko-amerykański, II Fundusz im. Marii Skłodowskiej-Curie; 1997–2001; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Barbara Godzik.

„Zmienność w czasie i przestrzeni dopływu zanieczyszczeń do ekosystemów leśnych Puszczy Niepołomickiej"; Komitet Badań Nukowych (KBN) (6P04FF 023 15/p02); 1998–2002; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Krystyna Grodzińska.

„Atmospheric deposition of heavy metals in protected areas (national parks, nature reserves) in Poland – mosses as indicators of heavy metal pollution"; projekt polsko-rosyjski Instytutu Botaniki PAN, Państwowej Agencji Atomistyki w Warszawie i Zjednoczonego Institutu Badań Jądrowych w Dubnej (Rosja); 2002–2003; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Krystyna Grodzińska.

„Effects of heavy metal deposition in Poland using bryophytes as bioindicators"; projekt w ramach programu UNECE "Effects of air pollution on vegetation – heavy metals in European mosses"; 2000; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Krystyna Grodzińska, prof. dr hab. Barbara Godzik .

„Effects of heavy metal deposition in Poland using bryophytes as bioindicators"; projekt w ramach programu UNECE "Effects of air pollution on vegetation – heavy metals in European mosses"; 2005; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Krystyna Grodzińska, prof. dr hab. Barbara Godzik.

„Long-term effects of air pollution on selected forest ecosystems in the Tatra Mountains (Western Carpathians) – a cooperative study between Poland, Slovakia and the United States"; USDA Foreign Agricultural Service, USA (FG-PO-401); 2000–2002; koordynatorzy: dr Andrzej Bytnerowicz (USA), Instytut Botaniki PAN: prof. dr hab. Krystyna Grodzińska, prof. dr hab. Barbara Godzik.

„Oddziaływanie ozonu troposferycznego i innych zanieczyszczeń powietrza na ekosystemy leśne Tatr"; Komitet Badań Naukowych (KBN) (3 P04G 049 23); 2002–2005; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Barbara Godzik.

„Effects of ambient ozone on Swiss stone pine (*Pinus cembra*) in the Tatra and Retezat Mountains, Central Europe"; USDA Foreign Agricultural Service, USA; 2003–2005; koordynatorzy: dr Andrzej Bytnerowicz (USA), Instytut Botaniki PAN: prof. dr hab. Barbara Godzik.

„Investigations of local ambient ozone characteristics and its potential phytotoxicity" ; NATO (LST. CLG 980465); 2004–2006; koordynator: dr Constantinos Saitanis (Grecja); B. Godzik – wykonawca polskiej części badań.

„Air pollution study in Poland based on moss biomonitoring nuclear and related analytical techniques. Contribution to the United Nations Environmental Programme Heavy Metal Atmospheric Deposition Europe (Moss Survey 2005/2006)"; w ramach współpracy Instytutu Botaniki, Państwowej Agencji Atomistyki w Warszawie, Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej; 2005–2006; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Krystyna Grodzińska.

„Powstawanie układów o wysokiej różnorodności biologicznej na terenach silnie skażonych metalami ciężkimi – badania spontanicznej sukcesji" w ramach grantu zamawianego przez KBN „Różnorodność biologiczna ekosystemów: geneza i funkcja"; Komitet Badań Naukowych (PBZ-KBN 087/P04/2003); 2003–2006; koordynator: prof. dr hab. Janusz Uchmański (Instytut Ekologii PAN), Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Krystyna Grodzińska.

„Biodiversity re-assessment and evaluation of its trends in 26 forest sites in the Carpathians" w ramach grantu UE „A Long-Term Biodiversity, Ecosystem and Awareness Research Network – Acronim ALTER-NetR2"; Grant UE; 2005–2006; kordynator: dr Julius Oszlanyi (Słowacja); Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Barbara Godzik, prof. dr hab. Krystyna Grodzińska.

„Mapping of main sources of pollutants and their transport in the Visegrad space"; International Vysegrad Fund (11007-2006-IVF); 2006–2007; koordynator: dr Ivan Suchara (Czechy), wykonawca polski: prof. dr hab. Barbara Godzik.

„Gospodarka mineralna drzewostanu sosnowego w warunkach stresu spowodowanego wysokimi stężeniami metali ciężkich w środowisku"; Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (N304 041 32/1966); 2007–2010; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Barbara Godzik.

„Zmienność stechiometrii pierwiastków w mchu *Pleurozium schreberi* w dużej skali przestrzennej (Polska) w warunkach zróżnicowanej antropopresji"; Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (N304 356138); 2010–2013; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Barbara Godzik.

„Roślinność gleb galmanowych i jej znaczenie dla zachowania różnorodności biotycznej i krajobrazowej terenów pogórniczych"; Mechanizm Finansowy i Europejski Obszar Gospodarczy (MF EOG PL0265); 2008–2011; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Barbara Godzik.

„Zasięg emisji zanieczyszczeń organicznych (WWA) i nieorganicznych z wypalarni węgla drzewnego oraz ich wpływ na roślinność Rezerwatu Biosfery Karpaty Wschodnie" (grant promotorski); Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (N N304 602238); 2010–2011; Instytut Botaniki PAN; kierownik: prof. dr hab. Barbara Godzik (wykonawca: mgr Ewa Lisowska).

„Genetic and phenotypic characteristics of metallicolous and non-metallicolous populations of *Biscutella laevigata* (L.) in Poland"; polsko-francuski projekt badawczy Polonium (No 8181/2010); 2010–1011; Instytut Botaniki PAN; kierownik: dr Alicja Babst-Kostecka.

„Struktura genetyczna populacji i ewolucja metalofitów: *Biscutella laevigata* L."; Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (N N304 370 938); 2010–2013; kierownik: dr Alicja Kostecka.

„Właściwości fizykochemiczne gleby oraz różnorodność i skład gatunkowy roślinności jako czynniki determinujące funkcjonowanie mikroorganizmów glebowych starych hałd (warpii) okolic Trzebini, Jaworzna i Olkusza"; Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (N N305 018 040); 2011–2014; kierownik: dr Anna Stefanowicz.

Zmiany w ekosystemie w wyniku inwazji *Reynoutria japonica*: powiązanie ilości i chemicznej jakości biomasy roślinnej z właściwościami gleby (NCN, 2016/23/B/NZ8/00564); kierownik: dr hab. Anna Stefanowicz.

Cyklotydy – cykliczne polipeptydy w mechanizmach obronnych roślin z rodziny Violaceae przeciwko grzybom patogennym (NCN, 2017/01/X/NZ8/00606); kierownik: dr Błażej Ślązak.

Wpływ obcego gatunku drzewa – dębu czerwonego (*Quercus rubra* L.) na właściwości fizykochemiczne gleby, zespół mikroorganizmów glebowych oraz roślinność leśną (NCN, 2016/23/N/NZ8/02778); kierownik: mgr Małgorzata Stanek.

Adaptation of *Arabidopsis halleri* to metal-polluted soils: linking environmental, genomic, and phenotypic information (Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej, program POWROTY/2016–1/1); kierownik: dr Alicja Babst-Kostecka.

Projekty wewnętrze IB PAN w ramach dotacji MNiSW „Dla młodych naukowców i uczestników studiów doktoranckich"

„Porównawcze badanie zawartości związków odżywczych i metali ciężkich w materiale *Biscutella laevigata,* hodowanym w roztworach o podwyższonej zawartości Zn"; 2013; kierownik: dr Alicja Kostecka.

„Norowiska borsuków jako „ogniska różnorodności gatunkowej". Jak bogactwo gatunkowe roślin zmienia się w gradiencie użytkowania nor przez gospodarzy – stan po 4 sezonach badań", 2013; kierownik: dr inż. Przemysław Kurek.

„Wpływ historycznego górnictwa rud Zn-Pb w zachodniej Małopolsce na zawartość metali ciężkich w glebach lasów bukowych i w wybranych gatunkach roślin runa"; 2013; kierownik: dr Anna Stefanowicz.

„Ewolucja mechanizmów pobierania metali ciężkich i ich alokacji w obrębie poszczególnych organów roślin z wrażliwych i tolerancyjnych populacji *Biscutella laevigata* z południowej Polski (Zawartość związków odżywczych i metali ciężkich w korzeniach roślin *Biscutella laevigata* a strategie akumulacji i tolerancji cynku)"; 2014; kierownik: dr A. Babst-Kostecka.

„Milczenie owiec po latach" – znaczenie opuszczonych owczarni dla bogactwa gatunkowego roślin w krajobrazie rolniczym południowej Wielkopolski"; 2014; kierownik: dr inż. Przemysław Kurek.

„Wpływ *Arabidopsis halleri,* hiperakumulatora Zn i Cd, na chemiczne i biologiczne własności gleby – badania pilotowe"; 2014; kierownik: mgr Barbara Łopata.

„Rola cyklotydów produkowanych przez fiołki (Violaceae) w interakcjach ze szkodnikami roślin: przędziorkami i mszycami"; 2017; kierownik: dr Błażej Ślązak.

Laboratorium Zakładu Ekologii współpracuje z:

– Instytutem Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku,
– Instytutem Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego,

– Fundacją Botaniki Polskiej w Krakowie,

– Uniwersytetem Śląskim w Katowicach,

– okresowo z innymi jednostkami krajowymi, które zainteresowane są wykonaniem analiz chemicznych,

– CEH – Centre for Ecology & Hydrology. Natural Environmental Research Council, Bangor, United Kingdom,

– Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation.

Wybrane publikacje, które powstały w oparciu o wyniki analiz chemicznych wykonywanych w laboratorium Zakładu Ekologii w Szarowie od 2010 roku

Babst-Kostecka A. 2015. Aspekty ewolucyjne tolerancji roślin na metale ciężkie. [W:] M. Wierzbicka (red.), *Ekotoksykologia. Rośliny, gleby, metale*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, ss. 117–123.

Blum O., Didyk N., Pavluchenko N., Godzik B. 2011. Assessment of Protective Effect of Some Modern Agrochemicals against Ozone-Induced Stress In Sensitive Clover and Tobacco Cultivars. *Journal of Toxicology*, DOI 10.1155/2011/308598.

Godé C., Decombeix I., Kostecka A., Wąsowicz P., Pauwels M., Courseaux A, Saumitou-Laprade P. 2012. Nuclear microsatellite loci for *Arabidopsis halleri* (Brassicaceae), a model species to study plant adaptation to heavy metals. *American Journal of Botany* **99**: e49–e52.

Godzik B. (red.) 2015. Natural and historical values of the Olkusz Ore-bearing Region [Przyrodnicza I historyczna wartość Olkuskiego Regionu Rudnego]. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, ss. 334.

Godzik B., Kapusta P., Szarek-Łukaszewska G. 2015. Roślinność gleb galmanowych i jej znaczenie dla zachowania różnorodności biotycznej i krajobrazowej terenów pogórniczych – studium przypadku. [W:] M. Wierzbicka (red.), *Ekotoksykologia. Rośliny, gleby, metale*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, ss. 451–463.

Godzik B., Szarek-Łukaszewska G., Kapusta P., Stępień K. 2014. PAHs concentrations in Poland using moss *Pleurozium schreberi* as bioindicator. *Polish Botanical Journal* **59**: 137–144.

Grodzińska K., Szarek-Łukaszewska G., Godzik B. 2010. Pine forests of Zn-Pb post-mining areas of southern Poland. *Polish Botanical Journal* **55**: 229–237.

Harmens H., Ilyin I., Mills G., Alber, Blum Y. O., Cokun M., De Temmerman L., Fernàndez A., Frontasyeva M., Figueira R., Godzik B., Goltsova N., Jeran Z., Korzekwa S., Kubin M. E., Kvietkus K., Leblond S., Liiv S., Magnùsson S. H., Makowska B., Nikodemus O., Pesch R., Poikolainen J., Radnovię D., Rühling Å., Santamaria J. M., Schröder W., Spiric Z., Steinnes E., Suchara I., Thöni, Turcsànyi G., Stafilov T., Tabors G., Yurukova L., Zechmeister H. G. 2012. Country-specific correlations cross Europe between modeled atmospheric cadmium and lead deposition and concentrations in mosses. *Environmental Pollution* **166**: 1–9.

Harmens H., Norris D., Mills G., and the participants of the moss survey (Godzik B., Kapusta P.). 2013. Heavy metals and nitrogen in mosses: spatial patterns in 2010/2011 and long-term temporal trends in Europe ICP Vegetation Programme Coordination Centre, CEH Bangor, UK, ss. 63.

Harmens H., Norris D. A., Mills G., Alber R., Aleksiayenak Y., Blum O., Cucu-Man S.-M., Dam M., De Tammerman L., Ene A., Fernandes J. A., Martinez-Abaigar J., Frontasyeva M., Godzik B., Jeran Z., Lazo P., Leblond S., Liiv S., Magnusson S. H., Mankovska B., Pihl Karlsson G., Piispanen J., Poikolainen J., Santamaria J. M., Skudnik M., Stafilov T., Steinnes E., Stihi C., Suchara I., Thoni L., Todoran R., Yurukova L., Zechmeister H. G. 2015. Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some „hotspots" remain in 2010. *Environmental Pollution* **200**: 93–104.

Harmens H., Norris D. A., Steinnes E., Kubin E., Piispanen J., Alber R., Aleksiayenak Y., Blum O., Coskun M., Dam M., de Temmerman L., Fernandez J. A., Frolova M., Frontasyeva M., Gonzales-Miqueo L., Grodzińska K., Jeran Z., Korzekwa S., Krmar M., Kvietkus K., Leblond S., Liiv S., Magnusson S. H., Maňkovská B., Pesch R., Rühling Ä., Santamaria J. M., Schröder W., Spiric Z., Suchara I., Thöni L., Urumow V., Yurukova L., Zechmeister H. G. 2010. Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends In Europe. *Environmental Pollution* **158**: 3144–3156.

Janeczko A., Biesaga-Kościelniak J., Dziurka M., Oklešt'kova J., Kocurek M., Szarek-Łukaszewska G., Janeczko Z. 2011. Response of Polish cultivars of soybean (*Gycine max* (L.) Merr.) to brassinosteroid application. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura* **10**: 33–50.

Janeczko A., Biesaga-Kościelniak J., Olest'kova J., Filek M., Dziurka G., Szarek-Łukaszewska G., Kościelniak J. 2010. Role of 24-epibrassinolide in wheat production: physiological effects and uptake. *Journal of Agronomy and Crop Science* **196**: 311–321.

Kapusta P., Sobczyk Ł. 2015. Effects of heavy metal pollution from mining and smelting on enchytraeid communities under different land management and soil conditions. *Science of the Total Environment* **536**: 517–526.

Kapusta P., Szarek-Łukaszewska G., Godzik B. 2013. Poland. [W:] H. Harmens, D. Norris, G. Mills, and the participants of the moss survey, *Heavy metals and nitrogen in mosses: spatial patterns in 2010/2011 and long-term temporal trends in Europe*. ICP Vegetation Programme Coordination Centre, CEH Bangor, UK, ss. 54–55.

Kapusta P., Szarek-Łukaszewska G., Godzik B. 2014. Present and past deposition of heavy metals in Poland as determined by moss monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies* **23**: 2047–2053.

Kapusta P., Szarek-Łukaszewska G., Godzik B., Łopata B. 2014. Recent nitrogen deposition in Poland monitored with the moss *Pleurozium schreberii*. *Polish Botanical Journal* **59**: 131–135.

Kapusta P., Szarek-Łukaszewska G., Jędrzejczyk-Korycińska M., Zagórna M. 2015. Do heavy-metal grassland species survive under a Scots pine canopy during early stages of secondary succession? *Folia Geobotanica* DOI: 10.1007/s12224-015-9232-x.

Kapusta P., Szarek-Łukaszewska G., Stefanowicz A. M. 2011. Direct and indirect effects of metal contamination on soil biota in a Zn-Pb post-mining and smelting area (S Poland). *Environmental Pollution* **159**: 1516–1522.

Kowolik M., Szarek-Łukaszewska G. Jędrzejczyk-Korycińska M. 2010. Użytek ekologiczny „Pleszczotka górska" w cynkowo-ołowiowym terenie górnicznym – potrzeba aktywnej ochrony. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* **66**: 35–38.

Migdałek G., Woźniak M., Słomka A., Godzik B., Jędrzejczyk-Korycińska M., Rostański A., Bothe H., Kuta E. 2013. Morphological differences between violets growing at heavy metal polluted and non-polluted sites. *Flora* **208**: 87–96.

Nikel S., Schröder W., Wosniok W., Harmens H., Frontasyeva M. V., Alber R., Aleksiayenak J., Barandovski L., Blum O., Danielsson H., de Temmermann L., Dunaev A. M., Fagerli H., Schönrock S., Godzik B., Ilyin I., Jonkers S., Jeran Z., Pihl Karlsson G., Lazo P., Leblond S., Liiv S., Magnússon S. H., Mankovska B., Martinem-Abaigar J., Piispanen J., Poikolainen J., Popescu J. V., Qarri F., Radnovic D., Santamaria J. M., Schaap M., Skutnik M., Špirić Z., Stafilov T., Steinnes E., Stihi C., Suchara I., Thöni L., Uggerud H. T., Zechmeister H. G. 2017. Modelling and mapping heavy metal and nitrogen concentrations in moss in 2010 throughtout Europe by applying Random Forest models. *Atmospheric Environment* **156**: 146–159.

Niklińska M., Stefanowicz A. M. 2015. Mikroorganizmy glebowe na terenach metalonośnych. [W:] M. Wierzbicka (red.), *Ekotoksykologia. Rośliny, gleby, metale*. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, ss. 207–225.

Nowak T., Kapusta P., Jędrzejczyk-Korycińska M., Szarek-Łukaszewska G., Godzik B. 2011. The vascular plants of the Olkusz Ore-bearing Region. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków.

Orłowska E., Godzik. B., Turnau K. 2012. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on growth and arsenic accumulation in model plant (*Plantago lanceolata* L.) grown in As-polluted soil. *Environmental Pollution* **168**: 121–130.

Schröder W., Holy M., Pesch R., Harmens H., Ilyin I., Steinnes E., Alber R., Aleksiayenak Y., Blum O., Coskun M., Dam M., de Temmerman L., Frolova M., Frontasyeva M., Miqueo L. G., Grodzińska K., Jeran Z., Korzekva S., Krmar M., Kubin E., Kvietkus K., Leblond S., Lüv S., Magnússon S., Mańkovská B., Püspanen J., Rühling Ä., Santamaria J., Spiric Z., Suchara I., Thöni L., Urumov V., Yurukova L., Zechmeister H. G. 2010. Are cadmium, lead and mercury concentrations in mosses across Europe primarily determined by atmospheric deposition of these metals? *Journal of Soils and Sediments* **10**: 1572–1584.

Schröder W., Nikel S., Schönrock S., Meyer M., Wosniok W., Harmens H., Frontasyeva M. V., Alber R., Aleksiayenak J., Barandovski L., Carballeira A., Danielsson H., de Temmermann L., Godzik B., Jeran Z., Pihl Karlsson G., Lazo P., Leblond S., Lindroos A.-J., Liiv S., Magnússon S. H., Mankovska B., Martinem-Abaigar J., Piispanen J., Poikolainen J., Popescu J.V., Qarri F., Santamaria J. M., Skutnik M., Špirić Z., Stafilov T., Steinnes E., Stihi C., Thöni L., Uggerud H. T., Zechmeister H. G. 2016. Spatially valid data of atmospheric deposition of heavy metals and nitrogen derived by moss surveys for pollution risk assessments of ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research* **23**: 10457–10476.

Schröder W., Nikel S., Schönrock S., Schmalfuβ R., Wosniok W., Mayer M., Harmens H., Frontasyeva M. V., Alber R., Aleksiayenak J., Barandovski L., Blum O., Carballeira A., Dam M., Danielsson H., de Temmermann L., Dunaev A. M., Godzik B., Hoydal K., Jeran Z., Pihl Karlsson G., Lazo P., Leblond S., Lindroos J., Liiv S., Magnússon S. H., Mankovska B., Núñez-Olivera E., Piispanen J., Poikolainen J., Popescu J. V., Qarri F., Santamaria J. M., Skutnik M., Špirić Z., Stafilov T., Steinnes E., Stihi C., Suchara I., Thöni L., Uggerud H. T., Zechmeister H. G. 2017. Bioindication and modeling of atmospheric deposition in forests enable exposure and effect monitoring at high spatial density across scales. *Annals of Forest Science* **75**: 31. DOI: 10.1007/s13595-017-0621-6

Słomka A., Godzik B., Szarek-Łukaszewska G., Shukac L., Emdend K. H., Boghed H. 2014. Albanian violets of the section Melanium, their morphological variability, genetic similarity and their adaptations to serpentine or chalk soils. *Journal of Plant Physiology* **174**:110–123.

Słomka A., Kuta E., Szarek-Łukaszewska G., Godzik B., Kapusta P., Tylko G., Bothe H. 2011. Violets of the section *Melanium*, their colonization by arbuscular mycorrhizal fungi and their occurrence on heavy metal heaps. *Journal of Plant Physiology* **168**: 1191–1199.

Stefanowicz A. M., Kapusta P., Błońska A., Kompała-Bąba A., Woźniak G. 2015. Effects of *Calamagrostis epigejos*, *Chamaenerion palustre* and *Tussilago farfara* on nutrient availability and microbial activity in the surface layer of spoil heaps after hard coal mining. Ecological Engineering **83**: 328–337.

Stefanowicz A. M., Kapusta P., Szarek-Łukaszewska G., Grodzińska K., Niklińska M., Vogt, R. D. 2012. Soil fertility and plant diversity enhance microbial performance in metal-polluted soils. *Science of the Total Environment* **439**: 211–219.

Stefanowicz A. M., Majewska M. L., Stanek M., Nobis M., Zubek S. 2017. Differential influence of four invasive plant species on soil physicochemical properties in a pot experiment. *Journal of Soils and Sediments*. DOI: 10.1007/s11368-017-1873-3

Stefanowicz A. M., Niklińska M., Kapusta P., Szarek-Łukaszewska G. 2010. Pine forest and grassland differently influence the response of soil microbial communities to metal contamination. *Science of the Total Environment* **408**: 6134–6141.

Stefanowicz A. M., Stanek M., Nobis M., Zubek S. 2016. Species-specific effects of plant invasions on activity, biomass, and composition of soil microbial communities. *Biology and Fertility of Soils* **52**: 841–852.

Stefanowicz A. M., Stanek M., Nobis M., Zubek S. 2017. Few effects of invasive plants *Reynoutria japonica*, *Rudbeckia laciniata* and *Solidago gigantea* on soil physical and chemical properties. *Science of the Total Environment* **574**: 938–946.

Stefanowicz A. M., Stanek M., Woch M. W. 2016. High concentrations of heavy metals in beech forest understory plants growing on waste heaps left by Zn-Pb ore mining. *Journal of Geochemical Exploration* **169**: 157–162.

Stefanowicz A. M., Woch M. W., Kapusta P. 2014. Inconspicuous waste heaps left by historical Zn-Pb mining are hot spots of soil contamination. *Geoderma* **235–236**: 1–8.

Szarek-Łukaszewska G. 2015. Rekultywacja czy renaturyzacja? [W:] M. Wierzbicka (red.), *Ekotoksykologia. Rośliny, gleby, metale*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa: 463-469.

Szarek-Łukaszewska G., Grodzińska K. 2011. Grasslands of a Zn-Pb post-mining area (Olkusz Ore-bearning Region, S Poland). *Polish Botanical Journal* **56**: 245–260.

Szarek-Łukaszewska G., Kapusta P., Grodzińska K. 2015. Roślinność galmanowa. [W:] M. Wierzbicka (red.), Ekotoksykologia. Rośliny, gleby, metale. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, ss. 323–355.

Szarek-Łukaszewska G., Nowak T., Grodzińska K., Kapusta P., Godzik B. 2015. Przyroda Olkuskiego Okręgu Rudnego. [W:] M. Wierzbicka (red.), *Ekotoksykologia. Rośliny, gleby, metale*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, ss. 163–175.

Woch M. W., Radwańska M., Stefanowicz A. M. 2013. Flora of spoil heaps after hard coal mining in Trzebinia (southern Poland): effect of substratum properties. *Acta Botanica Croatica* **72**: 237–256.

Woch M. W., Kapusta P., Stefanowicz A. M. 2015. Variation in dry grassland communities along a heavy metals gradient. *Ecotoxicology* DOI: 10.1007/s10646-015-1569-7.

Woch M. W., Stefanowicz A. M., Stanek M. 2017. Waste heaps left by historical Zn-Pb ore mining are hotspots of species diversity of beech forest understory vegetation. *Science of the Total Environment* **599–600**: 32–41.

Zubek S., Majewska M. L., Błaszkowski J., Stefanowicz A. M., Nobis M., Kapusta P. 2016. Invasive plants affect arbuscular mycorrhizal fungi abundance and species richness as well as the performance of native plants grown in invaded soils. *Biology and Fertility of Soils* **52**: 879–893.

Zubek S., Stefanowicz A. M., Błaszkowski J., Niklińska M., Seidler-Łożykowska K. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi and soil microbial communities under contrasting fertilization of three medicinal plants. *Applied Soil Ecology* **59**: 106–115.