



## **Kultury *in vitro* w ochronie gatunków cennych dla bioróżnorodności**

*In vitro* cultures in the conservation of species valuable for biodiversity

**Lidia Banaszczyk**

ORCID: 0000-0002-8667-211X

**Michał Starke**

ORCID: 0000-0002-0105-8533

e-mail: [michal.starke@ug.edu.pl](mailto:michal.starke@ug.edu.pl)

**Damian Szelbracikowski**

ORCID: 0009-0006-5739-2051

**Małgorzata Kapusta**

ORCID: 0000-0003-4103-594X

Uniwersytet Gdański

Wydział Biologii

---

Human activity has caused environmental transformations for millennia, most often driven by the desire to acquire natural resources. Unfortunately, the desire to acquire these resources in many cases results in a reduction in biodiversity, that is, a reduction in genetic diversity in a given area. In addition, the transformation of the environment results in the replacement of plant species that originally existed in a given area by other vegetation, including foreign ones. Environmental transformation can take various forms, such as agricultural intensification, the acquisition of new

mining areas, or simply the occupation of more land for municipal or industrial purposes. Nor can we forget one of the most important problems of recent decades: global warming, which contributes significantly to climate change and leads to the disappearance of many plant species. The way to reduce the negative human impact is to carry out environmental protection activities, both passive and active. In this paper, we take a closer look at how in vitro cultures of plants can benefit biodiversity conservation thanks to the possibility of micropropagation and long-term storage of plants.

**Keywords:** environmental protection, in vitro cultures, micropropagation.

### Przyczyny utraty bioróżnorodności

Działalność człowieka, od tysiącleci (Flannery, 2009) powoduje zmiany w środowisku, prowadzące do jego degradacji – pomimo że ostatnie lata przynoszą poprawę stanu świadomości w zakresie troski o środowisko, zmiany nadal postępują. W obecnych czasach zwraca się szczególną uwagę na globalne ocieplenie, które w znaczący sposób przyczynia się do zmiany klimatu, prowadząc do zanikania wielu gatunków (Houghton, 2005). Przykładem negatywnego wpływu globalnego ocieplenia jest między innymi spadek bioróżnorodności makrofitów w jeziorach (Pełechata i in., 2022). Nie można jednak zapominać o działaniach człowieka, które również zmniejszają szansę cennych lokalnych genotypów czy całych gatunków na przetrwanie.

Jedną z takich aktywności społeczeństwa jest intensyfikacja rolnictwa, która wiąże się z łączeniem pól uprawnych, niszcząc ugory będące niszą dla wielu gatunków, czy stosowaniem herbicydów nakierowanych na osobniki zwiększające bioróżnorodność jednak określane jako chwasty (Kędziora, Karg, 2010). Ale nie tylko intensyfikacja rolnictwa jest szkodliwa, również zaniechania ekstensywnego rolnictwa na terenach, które uległy przekształceniu dekady czy wieki wcześniej prowadzi do utraty bioróżnorodności (Gruszecki i in., 2017). Do takich obszarów należą między innymi osuszane torfowiska niskie, które ze względu na dostęp tlenu do osuszanych partii torfu uległy murszeniu, a w konsekwencji eutrofizacji, czyli zwiększeniu ilości biogenów (Wołejko, i in., 2019). Ilość biogenów, która pojawia się w takim środowisku, powoduje, że gatunki, które wyspecjalizowały się do funkcjonowania w siedlisku z ograniczoną ilością zasobów, są wypierane przez gatunki, które nie mają takich wymagań. Wybujalność oraz szczelne pokrycie płatów torfowiska czy łąki przez niewyspecjalizowane gatunki powoduje, że dostęp do światła dla tych cennych specjalistów zostaje ograniczony i tym samym prowadzi do ich

zanikania. Szansą na zachowanie tych ekosystemów jest wykaszanie lub odpowiednio prowadzony wypas, który pozwala ograniczyć rozwój niewyspecjalizowanych gatunków. Działania takie często były prowadzone, nie z chęci ochrony środowiska, a kalkulacji ekonomicznych. Obecne czasy, w których dominuje masowa produkcja zwierząt gospodarczych, powoduje, że tak nisko efektywny sposób wypasu staje się nieopłacalny. Prowadzone są jednak programy, które mają na celu wykorzystanie tego typu zabiegów bez konieczności opłacalności ekonomicznej. Ma to miejsce, na przykład w przypadku wyspy Sidły w województwie pomorskim, gdzie populacja kilku cennych gatunków, między innymi nasięźrzała pospolitego *Ophioglossum vulgare*, została odbudowana poprzez wykaszanie i wprowadzenie wypasu owiec (Wdzydzki Park Krajobrazowy, 2019).

Niemniej jednak nie tylko produkcja rolna jest przyczyną utraty bioróżnorodności, ale również pozyskiwanie nowych terenów pod zabudowę, związane z rozszerzaniem miast. Nadmierna presja turystyczna w obszarach cennych przyrodniczo wpływa negatywnie na bioróżnorodność. Również inwazyjne gatunki roślin charakteryzujące się ekspansywnym wzrostem i dużą łatwością przemieszczania diaspor, a nieświadomie wprowadzane do ogrodów mogą stanowić zagrożenie dla rodzimej flory poprzez zajmowanie ich nisz. Zagrożeniem dla utraty cennych dla bioróżnorodności gatunków jest też fragmentacja siedlisk, które zaczynają w wyniku procesu fragmentacji rozdzielać poszczególne populacje gatunku. Przyczynia się to do zmniejszenia różnorodności genetycznej wynikającej między innymi z rozmnażania generatywnego oraz zmniejszenia szansy na zajmowanie nowych nisz, ze względu na odległości między nimi. Przykładem takiego procesu jest populacja czermieni błotnej *Calla palustris* w zachodniej Europie (Harald, 2013; Muller, 2009).

W przypadku niektórych gatunków, szczególnie tych o atrakcyjnej morfologii (budowa liści, kwiatów), zagrożenie stanowi również nielegalne pozyskiwanie na potrzeby handlu czy rabunkowego ogrodnictwa – dotyczy to w szczególności gatunków z rodziny *Orchidaceae* (Wu i in., 2014). W naszej florze posiadamy gatunki, które stają się ofiarą takiego „kłusownictwa”, są to na przykład pełnik europejski *Trollius europeae*, dziewięciśli bezłodygowy *Carlina acaulis* czy szarotka alpejska *Leontopodium nivale* (Michalik, 1979).

## Charakterystyka gatunków cennych dla bioróżnorodności

Bioróżnorodność najczęściej odnosi się do liczby gatunków żyjących na danym obszarze, ale jest ona obserwowana na wielu stopniach życia, od poziomu molekularnego (białka i geny) do ekosystemów. Osobniki należące do tego samego gatunku mogą różnić się genotypem, a te, które są identyczne genetycznie, mogą różnić się fenotypowo, co daje dużą różnorodność biologiczną (Barabasz, Pikulicka, 2012). Istotna jest więc nie tylko ochrona gatunków, które są narażone na wymarcie, ale również pojedynczych lokalnych populacji nawet jeśli gatunek w ujęciu globalnym nie jest zagrożony. Grupy takie mogą w istotny sposób różnić się od innych tego samego gatunku, posiadając zestawy genów wyselekcjonowane poprzez długoletnie zajmowanie danego terenu. Wśród gatunków tego typu możemy wymienić te znajdujące się na Czerwonych Listach Gatunków Roślin układanych dla konkretnych małych obszarów, na przykład województwa pomorskiego.

Poza tym do cennych dla bioróżnorodności gatunków zaliczyć trzeba endemity, które występują tylko na danym obszarze, na przykład, gatunki endemiczne z rodzajów przywrotnik *Alchemilla*, jastrzębiec *Hieracium*, jeżyna *Rubus* i mniszek *Taraxacum* (Piękoś-Mirkowa, Mirek, 2010).

Dodatkowym kryterium, które krytycznie zwiększa potrzebę ochrony *ex situ* gatunku, jest jego występowanie na pojedynczym stanowisku. Powoduje to narażenie na oddziaływania i procesy, które mogą przyczynić się do utraty tego stanowiska (Ziarnek i in., 2017). Wśród takich gatunków we florze Polski wymienić można: miodokwiat krzyżowy *Herminium monorchis* (Adamowski, Keczyński, 2017) czy wymarła wskutek zniszczenia jedyne stanowiska narecznica Villara *Dryopteris villarii* (Piękoś-Mirkowa, Mirek, 2004).

Pozornie ochrona pojedynczego gatunku może wydawać się mało istotna. Aczkolwiek, ze względu na złożoność korelacji w sieciach troficznych, wyginięcie jednego gatunku może skutkować kaskadą dalszego wymierania. Co więcej, ryzyko dalszych komplikacji jest największe, gdy z łańcucha troficznego zniknie autotrof (Borrvall, Ebenman i Jonsson, 2000). Ponadto zachowanie gatunków, posiadających cechy roślin ozdobnych, może być przekonujące dla społeczeństwa do ochrony całych ekosystemów. Torfowiska, które mimo że zajmują zaledwie około 3% powierzchni ziemi, to magazynują aż około 25% zawartego w glebie węgla, co wskazuje na ich niebagatelny wpływ na obieg tego pierwiastka, przyczyniając się do globalnej regulacji klimatu (Słowińska, Słowiński, 2022).

## Ochrona środowiska

Ochrona środowiska to wszystkie działania, które mają na celu zapobieganie lub zmniejszanie szkodliwych skutków wpływu ludzi na środowisko naturalne oraz wykorzystywanie zasobów naturalnych w sposób zrównoważony. Celem ochrony środowiska jest utrzymanie równowagi ekologicznej i zapewnienie bezpieczeństwa organizmom żywym (Jeżowski, 2000).

Wyróżniamy dwa wyznaczniki prowadzonych działań z zakresu ochrony środowiska: ochronę bierną, która może być prowadzona *in situ* oraz czynną, która może być prowadzona *ex situ* i *in situ*. Ochrona bierna to te działania, które polegają na ochronie i zachowaniu naturalnych procesów w przyrodzie, niezakładające bezpośredniego zaangażowania ze strony człowieka. Przykładami biernej ochrony środowiska są na przykład rezerwaty, ochrona gatunkowa wprowadzana przez prawo międzynarodowe, krajowe czy lokalne. Ważnym aspektem jest też edukowanie społeczeństwa na temat znaczenia ochrony gatunków zagrożonych oraz pokazanie sposobów, w jakich mogą przyczynić się do ich ochrony (Prance, 2002).

Ochrona czynna natomiast to te działania, które są podejmowane w celu aktywnego zapobiegania lub minimalizowania negatywnych wpływów człowieka na środowisko. Przykłady takich działań to między innymi: oczyszczanie wód, rekultywacja terenów zdegradowanych i wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii (Włodarczyk, 2012).

Ochrona *ex situ* odnosi się do działań, które są podejmowane poza naturalnym miejscem występowania organizmów, są to np. banki nasion, ogrody botaniczne i laboratoria, w których prowadzi się prace nad odtwarzaniem populacji zagrożonych gatunków.

Ochrona *in situ* to podejmowane działania w naturalnym środowisku organizmów. Dotyczyć to może całych ekosystemów, ale także pojedynczych gatunków. Przykładem takich działań mogą być zakładane obszary chronione, ale również procesu restytucji gatunków (Hill i in., 2005).

### Ochrona gatunkowa poprzez hodowle *ex situ*

Utrzymywanie hodowli gatunków cennych ze względu na różne cenne z punktu widzenia człowieka cechy jest realizowana już od wielu wieków, poprzez hodowle w ogrodach botanicznych. Temat ochrony bioróżnorodności nie jest tak wiekowy jak same ogrody botaniczne, ale wiele z nich obecnie realizuje działania, mające na celu zachowanie reprezentatywnych genotypów cennych gatunków. (Eriksson, 1996).

Niestety, hodowla glebowa posiada swoje ograniczenia związane przede wszystkim z możliwością uzyskiwania dużej ilości roślin i prowadzenia hodowli o specyficznych wymaganiach fizykochemicznych. Hodowla roślin *in vitro* jest skuteczna w produkcji roślin na dużą skalę, co jest ważne w szczególności cennych gatunków roślin. Mikrorozmnażanie *in vitro* pozwala na namnażanie klonalne, które uzyskuje się za pomocą różnych metod hodowli tkankowych lub komórkowych. Proces ten jest najbardziej wydajną techniką hodowli, dzięki której możliwe jest uzyskanie dużej liczby osobników potomnych ze względnie małej ilości materiału wyjściowego (Loberant, Altman, 2010). Ponadto jako materiał wyjściowy nie musi zostać wykorzystane nasiono, może być to dowolna tkanka, która nie utraciła zdolności do odróżnicowania, na przykład fragmenty liści, pędów, korzeni czy nawet pojedyncze izolowane grupy komórek, takie jak merystemy (Arditti, 2008; Doktorska, 2014; Mihaljević i in., 2013). Ma to szczególne znaczenie w przypadku gatunków, nieprodukujących nasion i dlatego mogą być rozmnażane wyłącznie wegetatywnie. Niektóre gatunki zawierają genotypy sterylne jak i genotypy wytwarzające nasiona, ale są one na ogół wysoce heterozygotyczne. Ze względu na małą ilość poszczególnych genotypów, przez co mają ograniczone znaczenie dla ochrony gatunków (Engelmann, 2011).

Jedną z metod mikrorozmnażania roślin jest embriogeneza somatyczna, w której z tkanek wegetatywnych, rozwijają się zarodki somatyczne. Zarodki te rozwijają się analogicznie, do tych powstających z zygoty (Oseni i in., 2018). Oprócz embriogenezy somatycznej metodą mikrorozmnażania jest również organogeneza przybyszowa. Jest to proces polegający na wytworzeniu się organów takich jak korzenie czy pędy na eksplantatach, po suplementacji odpowiednimi stężeniami hormonów roślinnych takich jak cytokininy i auksyny (Szweykowska, 1999). Procesy te mogą przebiegać bezpośrednio na eksplantatach lub pośrednio na tkance kalusowej. Tkanka ta może zostać zaindukowana na dowolnym organie roślin. Kalus może być także wykorzystywany jako źródło komórek do dalszych prac związanych z regeneracją roślin, poprzez organogenezę czy embriogenezę somatyczną. Uzyskane zarodki lub organy, prowadzi się w odpowiedni dla danego gatunku sposób, tak aby zregenerować całą roślinę (Malepszy, 2009).

Możliwość bardzo łatwej modyfikacji podłoża poprzez dodawanie źródła cukrów, aminokwasów czy specyficznych soli mineralnych, nie tylko pozwala przyspieszać wzrost roślin, ale także prowadzić hodowle roślin, które w środowisku naturalnym są przez pewną część swojego rozwoju lub całkowicie zależne od nawiązania symbiozy z mikoryzowym grzybem. Przykładem takich roślin są przedstawiciele rodziny stor-

czykawatych *Orchidaceae* (Ponert i in., 2012, 2013; Rasmussen, 1995). Optymalizacja składu podłoża w przypadku pewnych gatunków, może okazać się kluczową częścią pracy. Nieodpowiedni skład podłoża hodowlanego może prowadzić do zaburzeń w rozwoju rośliny, a nawet do jej obumarcia (Thorpe, 2007).

Bardzo ważnym aspektem kultur *in vitro* jest możliwość długoterminowego przechowywania materiału roślinnego w bankach tkanek, utrzymywanych poprzez prowadzenie regularnych pasaży na nowe podłoża (Woźny, Przybył, 2007). Inną z metod przechowywania materiału pochodzącego z kultur *in vitro* jest krioprezerwacja, która polega na zamrożeniu materiału i przechowywaniu w niskich temperaturach (w ciekłym azocie w około  $-196^{\circ}\text{C}$ ).

Mimo że kultury *in vitro* w większości przypadków mają korzystne działanie na hodowlę i ochronę roślin, to istnieją gatunki, dla których ochrona w takiej formie może być problematyczna. Najczęściej spotykaną trudnością, którą można zaobserwować w kulturach *in vitro*, jest kontaminacja mikrobiologiczna. Jest ona na tyle poważnym problemem, że może powodować obumarcie lub zaburzenie wzrostu roślin. Aby uniknąć tego problemu w kulturach *in vitro* roślin, należy przestrzegać odpowiednich procesów i zasad sterylizacji narzędzi, powierzchni i materiału roślinnego (George i in., 1993). Jeżeli kontaminacja części wegetatywnych lub nasion wynika z naturalnego przerastania rośliny, na przykład grzybem mikoryzowym, założenie sterylnych i jednocześnie efektywnych kultur może okazać się znacznie utrudnione lub wręcz niemożliwe (Bidartondo, Bruns, 2005).

Problemem jest też zmienność somaklonalna, co oznacza, że rośliny uzyskane z hodowli *in vitro* różnią się od roślin macierzystych pod względem cech fenotypowych i genetycznych w skutek zachodzenia mutacji w tkankach somatycznych. Może być ona spowodowana różnymi czynnikami, takimi jak: zmiany w stężeniu hormonów wzrostu i stres środowiskowy. Zmienność somaklonalna może prowadzić do niepożądanych zmian w hodowlach *in vitro*, między innymi do utraty funkcjonalności określonych genów, rośliny mogą być bardziej podatne na choroby, a zmiany w stężeniach hormonów wzrostu mogą wpłynąć na rozwój i kształt roślin, co może prowadzić do różnych deformacji (Krishna i in., 2016).

Rośliny hodowane *in vitro*, aby mogły być umieszczone w środowisku naturalnym, trzeba poddać procesowi aklimatyzacji. Jest to złożone i czasochłonne, a wiele czynników może wpłynąć na poprawne przeprowadzenie tego procesu, np. wilgotność powietrza, jakość gleby, natężenie światła i temperatura. Nieprawidłowe warunki aklimatyzacji mogą prowadzić do poważnych problemów, takich jak: zwiększe-

nie śmiertelności roślin, zahamowanie wzrostu i rozwoju oraz utraty całej hodowli (Davey, Anthony, 2010). Jednak odpowiednio zaprojektowane metody hodowli, pozwalają z dużą skutecznością przygotowywać sadzonki do działań ochronnych, które mogą zostać wykorzystane do regeneracji zdegradowanych siedlisk naturalnych w celu przywrócenia równowagi ekologicznej (Kikowska i in., 2019).

Mimo że kultury *in vitro* są bardziej kosztowne od uprawy glebowej roślin przez konieczność posiadania wykwalifikowanego personelu oraz specjalistycznego sprzętu (Pence, 2010), metody te znajdują zastosowanie w ochronie wielu cennych gatunków roślin, między innymi: *Renanthera imschootiana* (Wu i in., 2014), *Rhodiola rosea* (Tasheva, Kosturkova, 2010) i *Caladenia sp.* (Wright i in., 2009), czy prowadzone przez nasz zespół w województwie pomorskim reintrodukcja elismy wodnej *Luronium natans* (Kapusta i in., dane niepublikowane) i skalnicy torfowiskowej *Saxifraga hirculus* (Starke i in., dane niepublikowane).

### Podsumowanie

Zmiany w bioróżnorodności realnie wpływają na życie ludzi i innych organizmów, dlatego ważne jest, aby prowadzić działania związane z czynną ochroną gatunkową poprzez tworzenie banków roślin *ex situ*, czy prowadzenia działań w środowisku naturalnym. Co ma przywrócenie cennych gatunków lub odbudowę ich populacji. Dzięki wykorzystaniu zdolności roślin do nieograniczonych podziałów, możliwe jest zastosowanie kultur *in vitro*. Pozwalają one powielać klonalnie rośliny, tak aby uzyskiwać duże ilości gatunków wymagających działań ochronnych, znacznie zwiększając szansę na ich zachowanie w środowisku naturalnym.



**Bibliografia**

- Adamowski, W., Keczyński, A. (2017). Monitoring of the *Herminium monorchis* (Orchidaceae) population in the Rospuda river valley ( NE Poland ). W: Z. Mirek, A. Nikiel (red.), *Rare, relict and endangered plants and fungi in Poland* (ss. 77-83). Kraków: W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences.
- Arditti, J. (2008). *Micropropagation of Orchids (I)*. Oksford: Blackwell Publishing.
- Barabasz, W., Pikulicka, A. (2012). Ochrona biosfery i bioróżnorodności. *Inżynieria Ekologiczna, Nr 30*, ss. 7-17.
- Borrvall, C., Ebenman, B., Jonsson, T. (2000). Biodiversity Lessens the Risk of Cascading Extinction in Model Food Webs. *Ecology Letters*, 3(2), ss. 131-136. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00130.x>.
- Davey, M., Anthony, P. (2010). *Plant Cell Culture: Essential Methods*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Dynowska, M., Ciecierska, H. (red.). (2013). *Biologiczne metody oceny stanu środowiska Tom 1. Ekosystemy lądowe*. Olsztyn: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.
- Engelmann, F. (2011). Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, ss. 5-16. <https://doi.org/10.1007/s11627-010-9327-2>.
- Eriksson, O. (1996). Regional Dynamics of Plants: A Review of Evidence for Remnant, Source-Sink and Metapopulations. *Oikos*, 77(2), ss. 248–258. <https://doi.org/10.2307/3546063>
- George, E. F., Hall, M. A., De Klerk, G.-J. (2008). *Plant Propagation by Tissue Culture*. Dordrecht: Springer Science and Business Media.
- Hill, D., Fasham, M., Tucker, G., Shaw, P. (red.). (2005). *Handbook of Biodiversity Methods: Survey, Evaluation and Monitoring*. Nowy York: Cambridge University Press.
- Houghton, J. (2005). Global waming. *Reports on Progress in Physics*, 68, ss. 1343-1403. DOI 10.1088/0034-4885/68/6/R0.
- Jeżowski, P. (2000). *Ochrona środowiska i ekorozwój*. Warszawa: SGH.
- Kędziora, A., Karg, J. (2010). Zagrożenia i ochrona różnorodności biologicznej. *NAUKA*, 4/2010, ss. 107-114.
- Kikowska, M., Turowska, N., Thiem, B. (2019). Czy kultury in vitro gatunków roślin chronionych mogą być źródłem surowców do badań fitochemicznych i biologicznych? *Farmacja Współczesna*, 12/2019, ss. 210-217.

- Krishna, H., Alizadeh, M., Singh, D., Singh, U., Chauhan, N., Eftekhari, M., Sadh, R. K. (2016). Somaclonal variations and their applications in horticultural crops improvement. *3 Biotech*, 6:54. DOI:10.1007/s13205-016-0389-7.
- La Croix, I., La Croix, E. (2009). *African Orchids in the Wild and in Cultivation*. Portland: Timber Press.
- Flickinger, M.C., Loberant, B., Altman, A. (2010). Micropropagation of Plants. W: M. C. Flickinger (red.), *Encyclopedia of Industrial Biotechnology*. <https://doi.org/10.1002/9780470054581.eib442>.
- Malepszy, S. (2007). *Biotechnologia roślin*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Marecik, R., Króliczak, P. (1998). Sposoby przechowywania materiału roślinnego w kulturach in vitro. *Biotechnologia*, 1, ss. 105-116.
- Michalik, S. (1979). Zagadnienia ochrony zagrożonych gatunków w Polsce. Pobrano z [http://rcin.org.pl/Content/120948/PDF/KR038\\_112685\\_r1979-r42\\_OP-Michalik-11-28.pdf](http://rcin.org.pl/Content/120948/PDF/KR038_112685_r1979-r42_OP-Michalik-11-28.pdf).
- Obmiński, Z. (1962). Koncepcja ekosystemu z punktu widzenia współczesnej nauki o lesie. *Sylvan*, Nr 5, ss. 13-18.
- Oseni, O. M., Pande, V., Nailwal, T. K. (2018). AA Review on Plant Tissue Culture, A Technique for Propagation and Conservation of Endangered Plant Species. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*2018.7(7), ss. 3778-3786. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.438>.
- Pence, V. C. (2011). The possibilities and challenges of in vitro methods for plant conservation. *Kew Bulletin*, 65(4), ss. 539-547. DOI:10.1007/s12225-011-9245-4
- Pełechata, A., Kowalewska-Madura, K., Kuczyńska-Kippen, N., Brzozowski, M., Kaczmarek, L., Jaśkiewicz, M., Pełechaty, M. (2022). *Reakcje zbiorowisk planktonu oraz roślinności wodnej płytkiego jeziora makrofitowego na zmiany klimatu*. Jubileuszowy XXV Zjazd Hydrobiologów Polskich.
- Prance, G. T. (2002). Biodiversity and Traditional Knowledge: Equitable Partnerships in Practice. *Economic Botany*, 56(3):299. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2002\)056\[0299:BATKEP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2002)056[0299:BATKEP]2.0.CO;2)
- Rasmussen, H. (1995). *Terrestrial Orchids: From Seed to Mycotrophic Plant*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511525452
- Silva-Flores, P., Argüelles-Moyao, A., Aguilar-Paredes, A., Calaça, F. J. S., Duchicela, J., Fernández, N., Furtado, A. N. M., Guerra-Sierra, B., Lovera, M., Marín, C., Neves, M. A., Pezzani, F., Rinaldi, A. C., Rojas, K., Vasco-Palacios, A. M. (2021). Mycorrhizal science outreach: Scope of action and available resources in the face of global change. *Plants People Planet*, 3(5), ss. 506–522. <https://doi.org/10.1002/PPP3.10213>

- Słowińska, S., Słowiński, M. (2021). Torfowiska wszarne strefy północnej a zmiana klimatu. *KOSMOS, Tom 70, Nr 4(333)*, ss. 569-578. [https://doi.org/10.36921/kos.2022\\_2835](https://doi.org/10.36921/kos.2022_2835).
- Szweykowska, A. (1999). *Fizjologia roślin*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- Thorpe T. (2012). History of plant tissue culture. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 877, ss. 9–27. [https://doi.org/10.1007/978-1-61779-818-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-61779-818-4_2).
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody. *Dz. U. 2004 Nr 92 poz. 880*.
- Wdzydzki Park Krajobrazowy. (2019). Wypas Owiec i Kóz Sposobem na Ochronę Wyspy Sidły. Pobrane z: [www.wdzydzkipark.pl/aktualnosci-3/wypas-owiec-i-koz-sposobem-na-ochrone-wyspy-sidly/](http://www.wdzydzkipark.pl/aktualnosci-3/wypas-owiec-i-koz-sposobem-na-ochrone-wyspy-sidly/)
- Włodarczyk, J. (2012). *Ekologia i ochrona środowiska*. Macierzysz: Arti.
- Wojnowski, J. (2005). *Wielka Encyklopedia PWN*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Wołejko, L., Pawlaczyk, P., Stańsko, R. (red.). (2019). *Torfowiska alkaliczne w Polsce - zróżnicowanie, zasoby, ochrona*. Świebodzin: Wydawnictwo Klubu Przyrodników.
- Woźny, A., Przybył, K. (2004). *Komórka roślinna w warunkach stresu*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Ziarnek, K., Dąbska, K., Korchak, M. (2017). *Potrzeba restytucji wybranych gatunków roślin zagrożonych wyginięciem w celu wzmocnienia ich dziko występujących populacji wraz z analizą zasobów ogrodów botanicznych pod kątem posiadania tych gatunków*. GDOŚ w Warszawie, Lonicera, Szczecin.

