

Czym jest bioróżnorodność i jej ekologiczne uwarunkowania

Każda osoba, choć trochę zainteresowana ochroną przyrody, na pewno niejednokrotnie zetknęła się z pojęciem różnorodności biologicznej (biotycznej), nazywanej także „bioróżnorodnością” – co stanowi spolszczenie angielskiego terminu *biodiversity*. Termin ten został spopularyzowany przez „Konwencję o różnorodności biologicznej” ogłoszoną w 1992 r. podczas Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro. Od tego czasu mówi się nawet, że ochrona różnorodności biologicznej stała się jednym z głównych kierunków ochrony przyrody.

Co zatem oznacza to kluczowe dla współczesnej ochrony przyrody pojęcie? Mówiąc najogólniej, bioróżnorodność, to zróżnicowanie organizmów żywych oraz współtworzonych przez nie systemów ekologicznych. Ze względu na ogromną złożoność biosfery definicja ta jest jednak zbyt ogólna, aby dało się ją przełożyć na konkretne postulaty ochronne czy wnioski. Dlatego w praktyce stosuje się podział na trzy poziomy różnorodności biologicznej: genetyczny, gatunkowy i ekosystemowy. Podział ten jest oczywiście nieco sztuczny i w dużej mierze odzwierciedla różnice w metodologii badawczej, jednak jego zastosowanie pozwala na lepsze usystematyzowanie wiedzy dotyczącej różnorodności biologicznej, dlatego też zostanie zastosowany w omawianiu problemu bioróżnorodności.

Różnorodność genetyczna jest najbardziej elementarnym poziomem różnorodności biologicznej, gdyż to właśnie ona stanowi podstawę zarówno różnorodności gatunkowej, jak i ekosystemowej. Jednak w praktyce badań nad bioróżnorodnością pojęcie „różnorodności genetycznej” stosuje się zwykle do analiz obejmujących jeden rodzaj, gatunek czy wręcz konkretną populację. Przed upowszechnieniem się metod genetyki molekularnej różnorodność genetyczną można było mierzyć jedynie pośrednio – np. określając liczbę podgatunków, ekotypów, odmian lub form występujących w obrębie danego gatunku czy populacji. Nieco dokładniejszą, choć także pośrednią, miarę różnorodności genetycznej stanowiło badanie różnorodności form tych samych enzymów występujących w obrębie badanego gatunku czy populacji – tzw. analiza allozymowa.

Obecnie przeważnie stosuje się bezpośrednie pomiary różnorodności genomu. Jednym z najczęściej stosowanych jest „różnorodność alleli”, czyli różnorodność wariantów tego samego genu (*locus*) występującego w danej populacji. Kolejną bardzo po-

pularną miarą różnorodności genetycznej populacji jest stopień jej heterozygotyczności, opisujący – mówiąc ogólnie – prawdopodobieństwo, że u jednego osobnika wystąpią różne warianty tego samego genu (jak wiadomo, organizmy diploidalne mają podwójny zestaw genów – po jednym od każdego z osobników rodzicielskich).

Ze względu na znaczne koszty nie prowadzi się oczywiście badań różnorodności genetycznej dotyczących całego genomu, a jedynie kilku jego wybranych i reprezentatywnych fragmentów. Niestychnie ważnym elementem jest wybór fragmentu DNA, który poddany będzie dalszej analizie. Jak wiadomo, dobór naturalny prowadzi do zmian cech występujących w danej populacji. Na poziomie molekularnym procesowi temu odpowiadają zmiany frekwencji alleli. Z tego powodu różnorodność alleli związanych z loci odpowiedzialnymi za determinację ważnych dla przeżycia organizmu cech jest niejako naturalnie obniżana przez eliminowanie alleli niekorzystnych. Dlatego w badaniach nad różnorodnością genetyczną wybiera się tzw. allele neutralne lub niekodujące odcinki DNA.

Z punktu widzenia ochrony przyrody różnorodność genetyczna jest niezwykle ważna przy określaniu prawdopodobieństwa przetrwania populacji. Jej radykalne zmniejszenie może bowiem spowodować nie tylko obniżenie plastyczności reakcji populacji na zmiany środowiskowe, ale także obniżenie jej żywotności. Na przykład powszechnie znane zjawisko depresji wsobnej (nazywanej potocznie „wyradzaniem się”) jest właśnie skutkiem spadku zmienności genetycznej małych populacji w rezultacie krzyżowania się osobników blisko spokrewnionych.

Należy mieć jednak świadomość, że spadek zmienności genetycznej populacji nie zawsze jest zjawiskiem jednoznacznie szkodliwym. Jak wspomniano, obniżenie różnorodności istotnych dla funkcjonowania organizmu genów jest normalnym skutkiem doboru naturalnego stabilizującego lub kierunkowego. Poza tym znanych jest sporo organizmów, które ze względu na swoje wymogi ekologiczne bardzo często narażone są na gwałtowne spadki liczebności, a tym samym obniżenie różnorodności genetycznej. Jednak organizmy te, pomimo ubogiej puli genetycznej, nie wykazują morfologicznych czy fizjologicznych dysfunkcji. Obecnie uważa się, że na skutek permanentnego stanu niewielkiej liczebności w ich populacjach doszło do skutecznej eliminacji alleli odpowiedzialnych za potencjalne obniżenie żywotności. Co więcej, u takich gatunków geny odznaczają się zwykle znaczną plastycznością, dzięki czemu osobniki o takich samych lub bardzo podobnych zestawach alleli dobrze radzą sobie w różnych warunkach siedliskowych.

Niekiedy nadmierne urozmaicenie puli genowej populacji może mieć bardzo niebezpieczne skutki. Zjawisko takie określa się jako *outbred depression*, gdyż nie doczekało się jeszcze ustalonego polskiego terminu. Jest ono zwykle związane z przemieszaniem materiału genetycznego pomiędzy oddalonymi populacjami tego samego gatunku. Zasięgi występowania bardzo wielu gatunków roślin i zwierząt są na tyle duże, że w ich obrębie występują obszary bardzo różniące się od siebie pod względem klimatu,

warunków glebowych czy innych ważnych dla organizmów żywych cech. W tej sytuacji w populacjach – zwłaszcza jeżeli są one izolowane – dochodzi do powstania lokalnych adaptacji, a więc utrwalenia się takich alleli, które są korzystne akurat w konkretnym miejscu. Jeżeli zaś organizmy te zostaną przesiedlone do miejsc o innych warunkach, nawet gdy przeżyją, mogą przekazać swojemu potomstwu cechy, które w zmienionych warunkach są niekorzystne (ang. *maladaptations*). Lekceważenie tego zjawiska może prowadzić do stosowania nieskutecznych zabiegów ochronnych.

Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX w. w Pienińskim Parku Narodowym rozpoczęto program restytucji niepylaka apollo. W 1993 r. w zamkniętej hodowli kilka samców pochodzących z populacji pienińskiej skrzyżowano z samicami pochodzącymi z południowoalpejskich populacji. Uzyskane mieszańce charakteryzowały się większymi rozmiarami oraz znaczną płodnością wyrażoną w średniej liczbie jaj składanych przez samice. Jednak jaja ta miały mniejsze rozmiary niż w linii czysto pienińskiej. Co więcej, z części jaj natychmiast wylęły się gąsieniczki. W miejscu pochodzenia alpejskiej linii motyli cechy te były korzystne – niewielkie jaja z łatwością przeżywały łagodne zimy, a wykluwające się w lecie gąsienice ze względu na długi okres wegetacyjny mogły przed zimą zakończyć rozwój i złożyć jaja. Niestety, w warunkach panujących w Pieninach motyle takie tylko obniżałyby żywotność populacji – z tego powodu program ochronny oparto jedynie na linii czysto pienińskiej.

Kolejny poziom różnorodności biologicznej – **różnorodność gatunkowa** – jest obecnie najpowszechniej i najczęściej wykorzystywany w ochronie przyrody. W zasadzie pojęcie różnorodności gatunkowej było powszechnie używane jeszcze przed pojawieniem się bardziej ogólnego pojęcia „różnorodności biologicznej”. Na tym poziomie rozpatrywana jest różnorodność gatunków flory lub fauny występujących na określonym terenie. Pierwszą nasuwającą się miarą tego poziomu bioróżnorodności jest proste podanie liczby gatunków. Oczywiście jest jednak, że oprócz samej liczby gatunków ważne jest także określenie, czy ich liczebności są zbliżone, czy też jeden wyraźnie dominuje. Dlatego już od lat sześćdziesiątych stosuje się miary różnorodności gatunkowej uwzględniające także frekwencje poszczególnych gatunków. Obecnie najpowszechniej stosowanym tego typu parametrem jest współczynnik H' Shannona-Wiennera, obliczany według wzoru:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

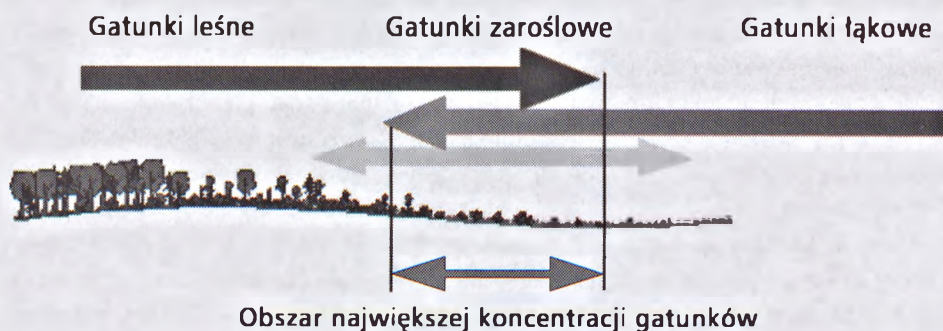
gdzie: p_i oznacza udział osobników i -tego gatunku wśród wszystkich osobników złowionych czy w inny sposób zaobserwowanych na badanym terenie.

Ze względów praktycznych różnorodność gatunkową bada się zwykle osobno dla poszczególnych grup systematycznych. Wynika to nie tylko z konieczności zebrania wielu specjalistów, ale przede wszystkim z tego, że liczba gatunków w poszczególnych grupach systematycznych często różni się nawet o rzędy wielkości. Stwierdzenie na ja-

kimś obszarze 8 gatunków gadów oznaczałoby, że mamy tu do czynienia z wszystkimi występującymi w Polsce gatunkami. Występowanie tej samej liczby gatunków ptaków wskazywałoby zaś na skrajnie niską różnorodność w obrębie tej grupy zwierząt.

Kolejnym problemem związanym ze wskaźnikami różnorodności gatunkowej jest to, że przy ich obliczaniu tę samą wagę przypisuje się zarówno gatunkom pospolitym, jak również niezwykle rzadkim – np. endemitom. W tej sytuacji prowadzenie waloryzacji przyrodniczych jedynie wedle kryterium różnorodności biologicznej może prowadzić do niedoszacowania przyrodniczej wartości ekosystemów złożonych ze stosunkowo niewiele, ale za to unikatowych gatunków – np. torfowisk wysokich.

Przy szacowaniu walorów przyrodniczych na podstawie zobiektywizowanych wskaźników różnorodności biotycznej należy się także liczyć z możliwością przeszacowania roli obszarów położonych na granicy dwu siedlisk. W obszarach takich, określanych jako „ekoton”, bardzo często występują pojedynczy przedstawiciele flory i fauny związanej z obu graniczącymi ze sobą siedliskami (ryc. 1).



Ryc. 1. Mechanizm prowadzący do powstania pozomych centrów różnorodności biologicznej.

Ostatni z rozpatrywanych poziomów różnorodności biologicznej – **różnorodność ekosystemowa** – jest najrzadziej używany i wzbudza najczęściej kontrowersji. Przede wszystkim brak ogólnie przyjętych sposobów jej mierzenia. Różnorodność ekosystemów występujących na jakimś terenie jest bowiem bardzo trudna do matematycznego uchwycenia. Co więcej, w tym przypadku niezwykle trudno określić, czy różnorodność ta ma – z punktu widzenia ochrony przyrody – charakter pozytywny czy też negatywny. W terenach o silnym naturalnym zróżnicowaniu siedlisk ekosystemy tworzą odpowiadającą mu mozaikę, która stanowi cenny walor przyrodniczy. Jednak podobna mozaika może powstać również na skutek działalności człowieka, a zbyt pocięte fragmenty różnych zbiorowisk uniemożliwiają występowanie gatunków wymagających np. wielkich kompleksów leśnych.

Zagadnienia/pytania problemowe

- Jakie są poziomy różnorodności biologicznej?
- Jak mierzy się różnorodność biologiczną?
- Czy sama różnorodność biologiczna jest wystarczającym wskaźnikiem wartości przyrodniczej?
- Jakie problemy wiążą się z zaburzeniami różnorodności biologicznej?

Literatura polecana

- Andrzejewski R., Weigle A. (red.) 2003. *Różnorodność biologiczna Polski*. Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Dyduch-Falniowska A., Tworek S. 2001. *Różnorodność biologiczna*. W: Dyduch-Falniowska A. i in. (red.). *Mówić o przyrodzie. Zintegrowana wizja przyrody*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Instytut Studiów Franciszkańskich, Instytut Botaniki PAN, Kraków.
- Makomaska-Juchiewicz M., Tworek S. 2002. *Ochrona różnorodności biologicznej*. W: Grzegorzczak M. i in. (red.). *Mówić o ochronie przyrody. Zintegrowana wizja ochrony przyrody*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Instytut Studiów Franciszkańskich, Instytut Botaniki PAN, Kraków.
- Zajac T., Gondek A., Konopiński M. 2002. *Miara zmienności*. W: Grzegorzczak M. i in. (red.). *Mówić o ochronie przyrody. Zintegrowana wizja ochrony przyrody*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Instytut Studiów Franciszkańskich, Instytut Botaniki PAN, Kraków.