PRĄDNIK
PRACE I MATERIAŁY MUZEUM IM. PROF. WŁADYSŁAWA SZAFERA

Prądnik. Prace Muz. Szafera	**34**	071–088	**2024**

JAN BODZIARCZYK

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie,
Wydział Leśny, Katedra Bioróżnorodności Leśnej, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków
e-mail: rlbodzia@cyf-kr.edu.pl

DYNAMIKA POPULACJI JĘZYCZNIKA ZWYCZAJNEGO *PHYLLITIS SCOLOPENDRIUM* (L.) NEWM. W OJCOWSKIM PARKU NARODOWYM W OKRESIE OSTATNICH 30 LAT

Population dynamics of hart's-tongue fern *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm. in Ojców National Park over the past 30 years

Abstract. This paper describes the changes that have occurred in the structure of the hart's-tongue fern population during the last 30 years. The two permanent sample plots were located in the strictly protected areas of Ojców National Park. The comparative analyses took into account the population size and distribution of individuals, the developmental stages of the common tongue, and the size of individual plants measured by both the length of the longest leaf and the number of leaves. The study also focused on the factors that limit or favour colonisation and population development.

Key words: Aspleniaceae, Kraków-Częstochowa Upland, *Phyllitido-Aceretum,* limestone rocks, rare and protected species, fern

WSTĘP

Języcznik zwyczajny *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm. należy do rzadkich przedstawicieli zimozielonych paproci związanych głównie ze środowiskiem leśnym. Przywiązany jest do miejsc ekstremalnych, które tworzą bardzo strome stoki pokryte rumoszem skalnym lub prawie pionowe ściany i półki skalne. Gatunek ten odgrywa ważną rolę wskaźnikową w identyfikacji żyznych siedlisk, zaliczanych do jaworzyn (Moor, 1952; Ellenberg, 2009; Matuszkiewicz, 2017).

W większości krajów Europy języcznik zwyczajny podlega ścisłej ochronie, a w niektórych ma status gatunku zagrożonego i znajduje się na czerwonych listach roślin zagrożonych i ginących (m.in. Maglocký & Feráková, 1993; Vološčuk, 1996; Guntveit, 1999; Holub & Prochazka, 2000; Colling, 2005; Naomi & Ranker, 2008). W Polsce języcznik nie figuruje w czerwonej księdze roślin (Kaźmierczakowa i in., 2014), ale znajduje się w spisie kilku regionalnych czerwonych list gatunków roślin zagrożonych i wymarłych: na Dolnym Śląsku (Kącki i in., 2003), w północnej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (Hereźniak, 2002) i w województwie śląskim (Parusel & Urbisz, 2012), natomiast

DOI: 10.5281/zenodo.14504886

na Roztoczu uznany został za gatunek wymarły (Cwenar i in., 2016). Pomimo to, w skali kraju nie jest zagrożony ani ginący, chociaż wciąż pozostaje gatunkiem rzadkim (Bodziarczyk, 2012).

Jeszcze do niedawna większość informacji o języczniku dotyczyła jego rozmieszczenia. Ogólne informacje o warunkach jego występowania pojawiały się przy okazji doniesień o nowo odkrytych stanowiskach, podczas badań florystycznych lub fitosocjologicznych prowadzonych w różnych regionach jego geograficznego zasięgu (m.in. Jermy i in., 1978; Silvertown, 1983; Page, 1988; Sætersdal i in., 1998). Sporadycznie badania nad języcznikiem obejmowały eksperymenty z różnych dziedzin, zwłaszcza fizjologii, biochemii czy genetyki (m.in. Mansfield & Willmer, 1969; Sato, 1982; Colombo & Rascio, 1983; Ashenden i in., 1990; Bajon i in., 1991; Handreck, 1992; Pangua i in., 1994; Muccifora i in., 2000; Bennett & Leitch, 2001; Zenkteler, 2006) i bardzo rzadko poświęcone były demografii i ekologii gatunku (Bodziarczyk, 1992, 1994, 2012; Cinquemani Kuehn & Leopold, 1993; Kelsall i in., 2004; Bodziarczyk i in., 2006; Bremer & Jongejans, 2010; Testo i in., 2013; Fernando i in., 2015).

Od dawna znane były właściwości lecznicze języcznika, którego wykorzystywano w medycynie ludowej do leczenia schorzeń wątroby i płuc, a także jako środek antyseptyczny, przeciw ropieniu ran i jadowi żmij, dobrze gojący rany (Pawłowska, 1949; Myczkowski, 1976; Hertzka & Strehlow, 2022). Wyjątkowe właściwości tej rośliny prawdopodobnie były jedną z przyczyn zubożenia a nawet całkowitego wyniszczenia stanowisk w wielu regionach jego naturalnego zasięgu.

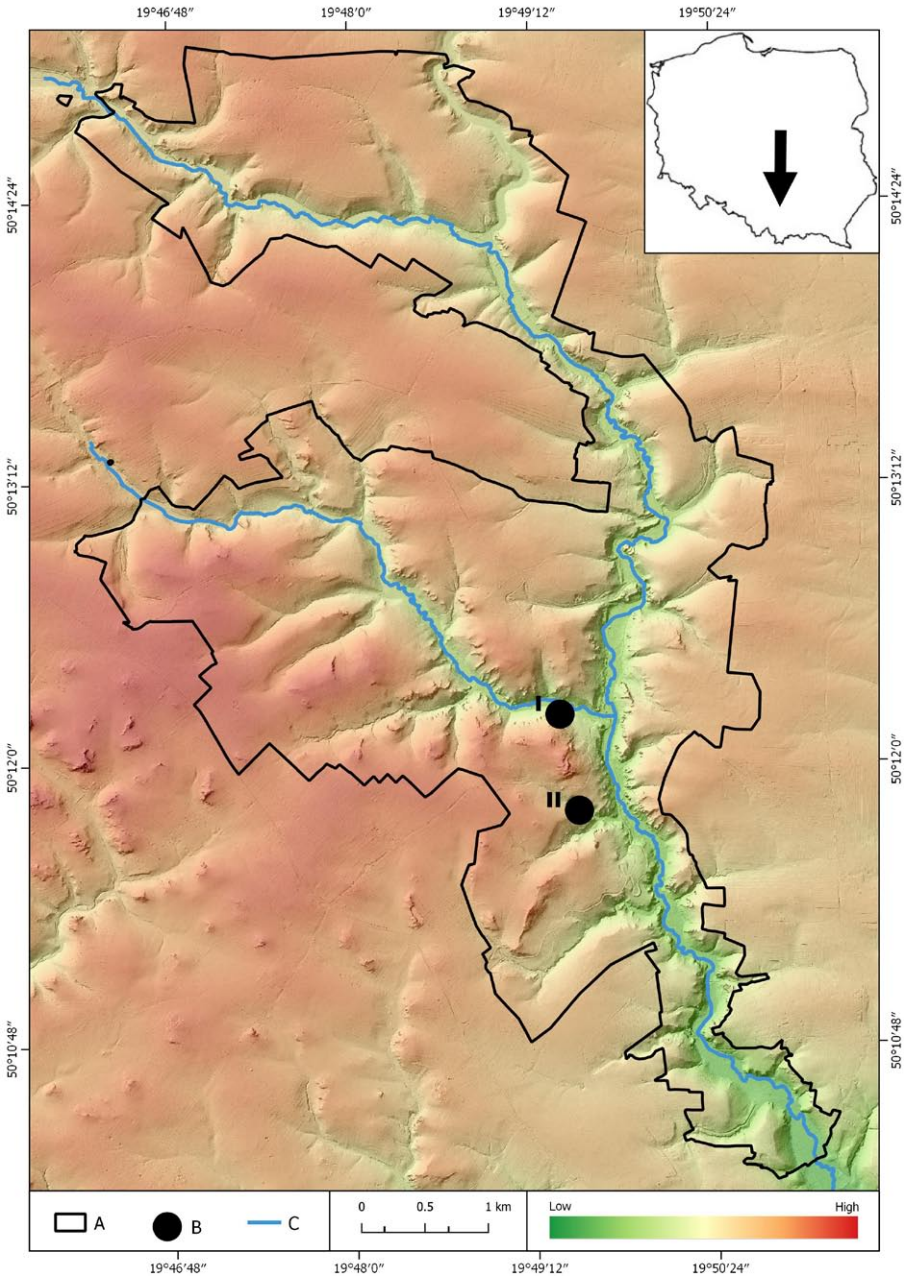
W prezentowanej pracy po raz pierwszy przedstawiono wyniki długoterminowych badań nad języcznikiem zwyczajnym w oparciu o stałe powierzchnie badawcze. W badaniach skupiono się głównie na opisie zmian strukturalnych – liczebności i zagęszczeniu, wzorcach rozmieszczenia osobników, strukturze stadialnej, tempie kolonizacji nowych mikrosiedlisk, ponadto scharakteryzowano wielkość osobników opisując cechy biometryczne.

METODY BADAŃ

Prace terenowe

Badania terenowe przeprowadzono na dwóch stałych powierzchniach badawczych, założonych w 1993 roku w strefie ochrony ścisłej Ojcowskiego Parku Narodowego (Bodziarczyk, 1999, 2001, 2012). Jedna z nich zlokalizowana jest na północnych stokach Góry Chełmowej, a druga na zboczach północno-wschodnich Wąwozu Ciasne Skałki (ryc. 1). Obie powierzchnie znajdują się na podobnej wysokości nad poziomem morza (odpowiednio na 360 i 370 m). Każda z powierzchni o kształcie prostokąta i wymiarach 16 × 8 m, położona jest dłuższym bokiem równolegle do warstwicy. Powierzchnia badawcza z chwilą jej zakładania, obejmowała dobrze wyodrębnione skupisko języcznika w niebudzącym wątpliwości pod względem fitosocjologicznym zespole jaworzyny z języcznikiem zwyczajnym *Phyllitido-Aceretum* (Medwecka-Kornaś, 1952; Bodziarczyk, 2001, 2002).

Prace w terenie obejmowały policzenie wszystkich osobników języcznika i określeniu ich szczegółowej lokalizacji w układzie współrzędnych x, y z dokładnością do 1 mm. Oznaczono stadium rozwojowe każdego osobnika według wcześniej opracowanego klucza (ryc. 2–4) (Bodziarczyk, 1994, 2012). U każdego języcznika policzono liczbę liści oraz zmierzono długość najdłuższego liścia, które przyjęto jako miarę wielkości osobnika.



Ryc. 1. Lokalizacja stałych powierzchni badawczych w Ojcowskim Parku Narodowym
A – granica OPN, B – stałe powierzchnie badawcze, C – potoki
Fig. 1. Location of permanent sample plots in Ojców National Park
A – Ojców National Park boundary, B - permanent sample plots, C – streams



Ryc. 2. Pokrój dojrzałego osobnika języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium*. Fot. J. Bodziarczyk

Fig. 2. Mature individual of the *Phyllitis scolopendrium*. Photo by J. Bodziarczyk



Ryc. 3. Języcznik zwyczajny *Phyllitis scolopendrium* w stadium młodocianym. Fot. J. Bodziarczyk

Fig. 3. *Phyllitis scolopendrium* in the juvenile stage. Photo by J. Bodziarczyk



Ryc. 4. Języcznik zwyczajny *Phyllitis scolopendrium* w stadium wczesnojuvenilnym. Fot. J. Bodziarczyk

Fig. 4. *Phyllitis scolopendrium* in the sporelings stage. Photo by J. Bodziarczyk

Pomiary biometryczne każdorazowo wykonano jesienią, kiedy liście języcznika osiągnęły maksymalną liczbę i długość.

Analiza danych

Jednym z wątków pracy była analiza rozmieszczenia osobników języcznika oraz określenie wzorca przestrzennego gatunku oraz jego dynamiki w okresie prawie 30 lat. Strukturę przestrzenną osobników analizowano wykorzystując metodę powierzchniową opartą na blokach Greig-Smitha (Thompson, 1958; Greig-Smith, 1961, 1979; Kershaw, 1978). Metoda ta zwana jest metodą przylegających kwadratów lub bloków Greig-Smitha. Polega na regularnym pobieraniu prób na powierzchni o ograniczonej wielkości. Powierzchnię badawczą dzieli się na określoną liczbę jednostek podstawowych (poletek), w tym przypadku powierzchnia każdego poletka wynosiła 1 m^2. W każdym podstawowym poletku zlicza się osobniki, będące obiektem badań. Określenie zmienności polega na analizie cech lub wartości w odniesieniu do poletek podstawowych, które w każdym kolejnym kroku analizy są dwa razy większe od poletka poprzedniego, co oznacza, że powierzchnia kolejnych bloków wzrasta w postępie geometrycznym. Kolejnym etapem metody jest przeprowadzenie analizy wariancji w oparciu o poniższy wzór i kolejną jego rozbudowę w zależności od wielkości całej powierzchni i liczby poletek podstawowych:

$$S_k = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{256/k} B_{k(i)}^2$$

gdzie:

S – suma kwadratów;

$B_{k(i)}$ – całkowita liczba elementów (osobników, pędów, cech, wartości, itp.) w i-tym kwadracie k-tego bloku;

k – wielkość bloku: 1, 2, 4, 8, 16, 32 …itd. (czyli B_1, B_2, B_4, B_8, B_{16}, B_{32}…itd.)

i – oznacza numer kolejny bloku o danej wielkości k.

W celu uzupełnienia informacji o strukturze przestrzennej dodatkowo obliczono współczynnik skupiskowości i współczynnik zatłoczenia.

Pierwszy z nich, według propozycji Dawida i Moora (1954 za Collier i in., 1977), określony jest wzorem:

$$I = \frac{s^2}{\bar{x}} - 1$$

gdzie:

s^2 – wariancja liczby osobników między próbami,

$\bar{x}$ – średnia liczba osobników w próbie.

Drugi ze współczynników, współczynnik średniego zatłoczenia *mean crowding*, zdefiniowany przez Lloyda (1967 za Collier i in., 1977), określa z iloma przeciętnie osobnikami każdy osobnik dzieli swoje poletko (kwadrat). Ponieważ powierzchnia badawcza obejmowała zwartą powierzchnię o kształcie prostokąta i zawierała przylegające do siebie kwadraty, współczynnik średniego zatłoczenia obliczono wg wzoru:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^{A} x_i (x_i - 1)}{N}$$

gdzie:

A – liczba poletek (kwadratów) z osobnikami,

x_i – liczba osobników na tym samym poletku (kwadracie),

N – liczebność populacji, czyli suma wszystkich osobników w analizowanych poletkach.

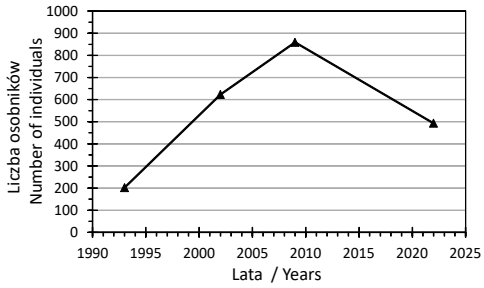
Współczynnik ten uwzględnia wyłącznie te poletka (kwadraty), w których stwierdzono osobniki; na jego wartość nie wpływają więc, w przeciwieństwie do współczynnika zagęszczenia, poletka puste.

Dla określenia różnic liczebności osobników na stałych poletkach oraz porównania cech biometrycznych osobników pomiędzy kolejnymi latami: 1993–2002–2009–2022 wykorzystano test Wilcoxona z poprawką Benjamina-Hochberga. Analizy statystyczne wykonano w środowisku R (R Core Team, 2021).

WYNIKI

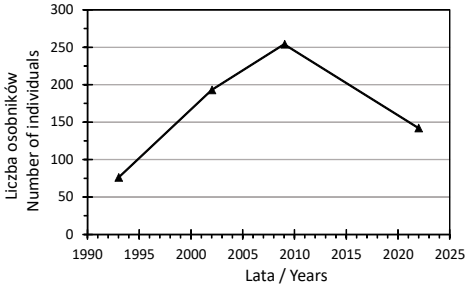
Liczebność populacji i tendencje dynamiczne

W okresie ostatnich 30 lat (1993–2022) na obu powierzchniach badawczych nastąpiły zmiany liczebności języcznika. Zmiany te miały podobny trend pomimo, że populacje różniły się liczebnością i wielkością zajmowanej powierzchni. Bardziej liczna populacja „Chełmowa Góra" na początku badań – w 1993 roku – liczyła 202 osobniki na powierzchni 128 m^2. Po 9 latach liczebność zwiększyła się do 623, nastąpił przyrost o 208%, a po kolejnych 7 latach zwiększyła liczebność o kolejne 37,9%, osiągając kulminację – 859 osobników – w 2009 roku. Po następnych 13 latach – czyli w ostatnim okresie badań



Ryc. 5. Zmiany liczebności języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* na stałej powierzchni „Chełmowa Góra" w okresie 1993–2022

Fig. 5. Changes in the size of the *Phyllitis scolopendrium* population on the Chełmowa Góra permanent sample plot from 1993 to 2022



Ryc. 6. Zmiany liczebności języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* na stałej powierzchni „Ciasne Skałki" w okresie 1993–2022

Fig. 6. Changes in the size of the *Phyllitis scolopendrium* population on the Ciasne Skałki permanent sample plot from 1993 to 2022

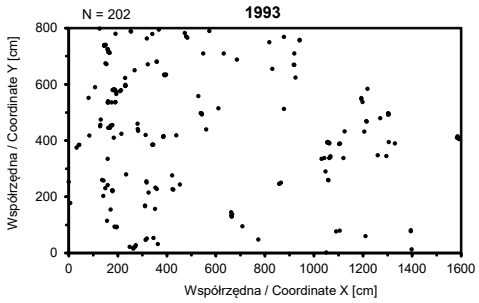
(2009–2022) – nastąpił spadek liczebności o 43% (ryc. 5). Zmiany w porównywanych okresach miały charakter statystycznie istotny, z wyjątkiem okresu 2002–2022 (p=0,08046), natomiast w okresie 2002–2009 były bliskie wartościom krytycznym (p=0,03719), chociaż również istotne. Populacja aktualnie liczy 490 osobników, czyli o 142,6% więcej roślin niż z chwilą rozpoczęcia badań w 1993 roku (ryc. 5).

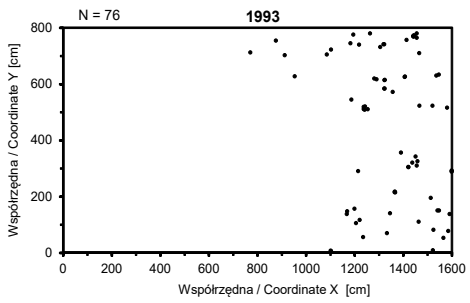
Na drugiej powierzchni badawczej „Ciasne Skałki" – o tej samej wielkości (128 m^2) – początkowa liczebność populacji wynosiła 76 osobników, a w kolejnych okresach wzrastała: w 2002 roku do 193 osobników (przyrost o 154%), w następnym okresie przyrost liczebności o dalsze 31,6%, osiągając w 2009 roku 254 osobniki. W ostatnim okresie badań (2009–2022) nastąpił spadek liczebności o 44,1%. W porównaniu do stanu wyjściowego populacja aktualnie liczy 142 osobniki czyli zwiększyła liczebność w ciągu 30 lat o 86% (ryc. 6). Zmiany, które następowały w kolejnych okresach nie były istotne statystycznie.

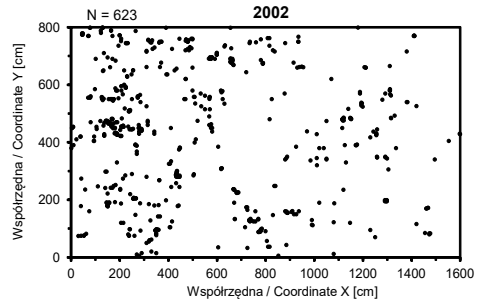
Zmienność przestrzenna zagęszczenia osobników

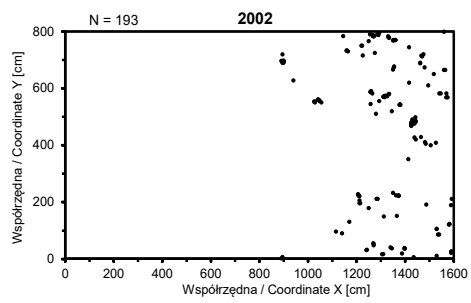
Zagęszczenie osobników w populacji jest tylko innym wyrażeniem określenia liczebności. Przeprowadzono analizę zagęszczenia osobników wewnątrz powierzchni na poletkach podstawowych tworzących blok 128 kwadratów (ryc. 7). W populacji „Chełmowa Góra" w pierwszym roku badań (1993) zmienność zagęszczenia wahała się od 1 do 18 osobników na 1 m^2 ($\bar{x}$ = 1,6), w drugim okresie badań (2002) maksymalnie stwierdzono 50 osobników ($\bar{x}$ = 4,8), a w trzecim (2009) aż 65 osobników na 1 m^2 ($\bar{x}$ = 6,7). W ostatnim roku zbioru danych maksymalne zagęszczenie spadło do 34 osobników na 1 m^2, podobnie jak średnie zagęszczenie. Natomiast wartości maksymalne powtórzyły się na tych samych poletkach badawczych w pierwszych trzech okresach zbioru danych (1993–2002–2009).

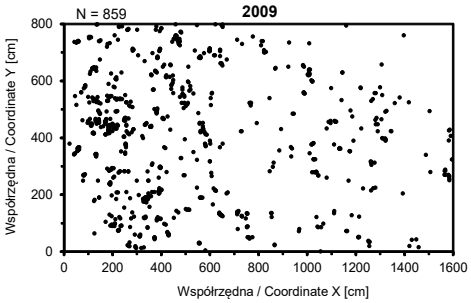
W drugiej populacji „Ciasne Skałki", w pierwszym roku badań maksymalne zagęszczenie osiągnęło zaledwie 9 osobników na 1 m^2, natomiast w kolejnym okresie badań (2002) wynosiło 37 osobników na 1 m^2, ale na innym poletku niż przed 9 laty (ryc. 8). Z kolei po następnych 7 latach pomimo, że liczebność populacji zwiększyła się o 24%, to maksymalne zagęszczenie spadło do 23 osobników, a w ostatnim roku badań (2022)

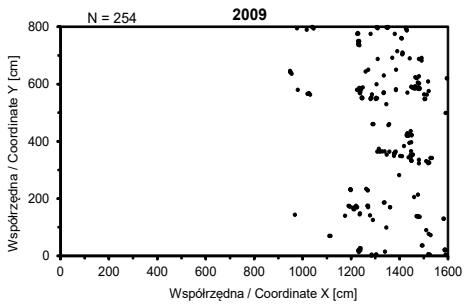












Ryc. 7. Rozmieszczenie osobników języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* na powierzchni „Chełmowa Góra" w latach 1993, 2002 i 2009

Fig. 7. Distribution of the *Phyllitis scolopendrium* individuals on the permanent sample plot Chełmowa Góra in 1993, 2002 and 2009

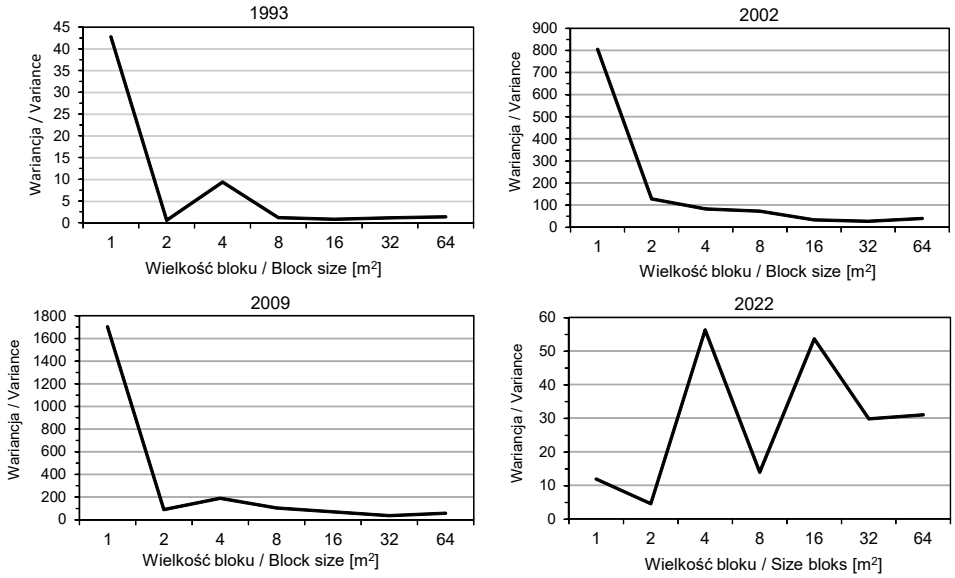
Ryc. 8. Rozmieszczenie osobników języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* na powierzchni „Ciasne Skałki" w latach 1993, 2002 i 2009

Fig. 8. Distribution of the *Phyllitis scolopendrium* individuals on the permanent sample plot Ciasne Skałki in 1993, 2002 and 2009

do 15 na 1 m^2. W najbardziej zagęszczonych poletkach stwierdzono dominację osobników w stadium wczesnojuwenilnym (sporelings) i młodocianym, ale pojedynczo pojawiały się także osobniki z wszystkich pozostałych stadiów rozwojowych, w tym także senilnych.

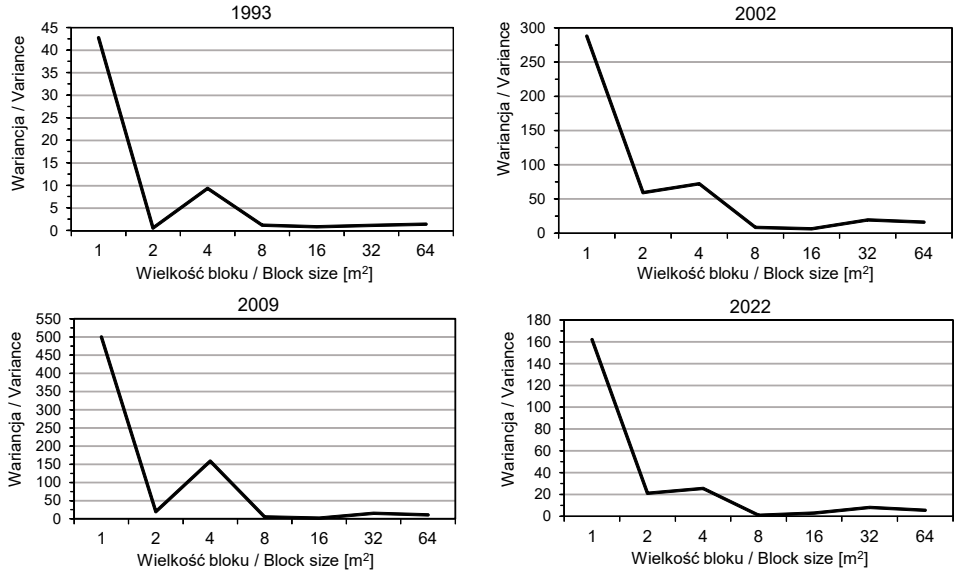
Wzorzec przestrzenny rozmieszczenia osobników

Rozmieszczenie osobników języcznika zwyczajnego w obu populacjach charakteryzowało się wzorcem skupiskowym (ryc. 9–10). W populacji „Ciasne Skałki" skala wzorca była bardziej wyrazista niż w populacji „Chełmowa Góra", a przebieg wariancji, pomimo zróżnicowanej liczby osobników, w każdym z badanych okresów był bardzo podobny



Ryc. 9. Przebieg wariancji określającej typ wzorca rozmieszczenia osobników języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* w populacji „Chełmowa Góra" w kolejnych latach badań

Fig. 9. Course of the variance describing the type of distribution pattern of the *Phyllitis scolopendrium* individuals in the Chełmowa Góra population in consecutive years of the study



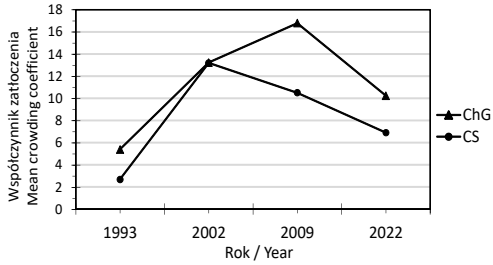
Ryc. 10. Przebieg wariancji określającej typ wzorca rozmieszczenia osobników języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* w populacji „Ciasne Skałki" w kolejnych latach badań

Fig. 10. Course of the variance describing the type of distribution pattern of the *Phyllitis scolopendrium* individuals in the Ciasne Skałki population in consecutive years of the study

(ryc. 9). Wyraźna skupiskowość widoczna jest w małych skalach przestrzennych, głównie przy wielkości 4 m^2, rzadziej na większej powierzchni. Skupiskowość w dwóch skalach przestrzennych dobrze zaznaczyła się w populacji „Ciasne Skałki", wyraźnie „piki" zauważyć można także przy wielkości 32 m^2 (ryc. 10). W populacji tej w ciągu 29 lat badań skale wzorca zasadniczo nie uległy istotnej zmianie chociaż wartości wariancji się zmieniały.

W drugiej z badanych populacji – na Chełmowej Górze – w małej skali przestrzennej wzorzec również się nie zmienił, ale tylko w trzech spośród czterech badanych okresach (ryc. 9). W drugim okresie zbioru danych (2002 r.), kiedy nastąpił ponad trzykrotny przyrost liczebności osobników (z 203 w 1993 r. do 623 w 2002 r.), stwierdzono wzorzec równomierny, statystycznie istotny (ryc. 9). Tendencje do równomierności, szczególnie w większych skalach przestrzennych, zaznaczyły się w zasadzie w obu populacjach. W ostatnim roku badań, po fluktuacjach liczebności osobników w populacji na Chełmowej Górze, języcznik wykazał skupiskowy wzorzec na powierzchni 4 m^2 i 16 m^2, a liczba osobników była dwukrotnie wyższa niż w momencie rozpoczęcia badań. Identycznie zjawisko stwierdzono w populacji „Ciasne Skałki", gdzie po okresie 29 lat populacja ustabilizowała się na poziome dwukrotnie wyższym niż z chwilą rozpoczęcia badań, a skupiskowość stwierdzono w tej samej skali co w populacji na Chełmowej Górze (4 i 32 m^2).

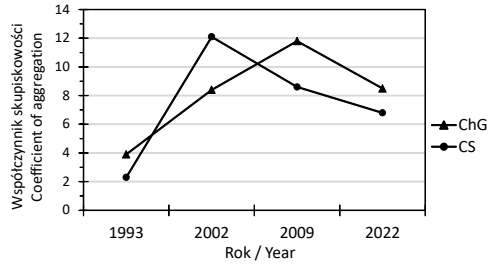
W celu uzupełnienia wzorca przestrzennego przeprowadzono dodatkowo analizę współczynnika zatłoczenia i skupiskowości osobników w populacji (ryc. 11–12). Pierwszy wskaźnik informuje z iloma przeciętnie osobnikami sąsiaduje każdy z języczników na poletku badawczym (w tym przypadku 1 m^2). Z analizy wynika, że wskaźnik ten w populacji „Chełmowa Góra" zachowywał identyczne trendy jak liczebność populacji, z kolei w populacji „Ciasne Skałki" już w trzecim okresie badań (2009 r.) zaznaczył spadek, pomimo że liczebność populacji wzrosła ponad trzykrotnie w odniesieniu do roku rozpoczęcia badań (1993 r.) i prawie dwukrotnie do okresu poprzedniego (2002 r.). Tendencje spadkowe wskaźnika zatłoczenia w kontekście zwiększenia liczebności świadczą o zwiększeniu lokalnego zasięgu i kolonizacji nowych mikrosiedlisk. Podobne trendy stwierdzono analizując strukturę przestrzenną wykorzystując wskaźnik skupiskowości.



Ryc. 11. Zmiany współczynnika zatłoczenia osobników języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* na stałych powierzchniach badawczych w kolejnych latach

Fig. 11. Changes in the crowdedness index of *Phyllitis scolopendrium* in the permanent sample plots in consecutive years of the study

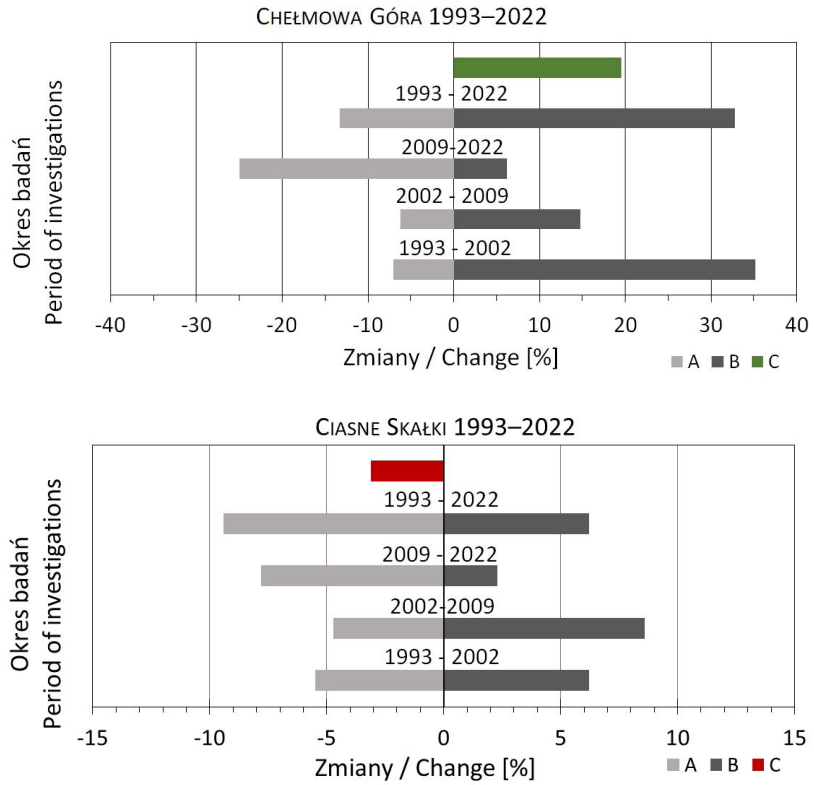
ChG – populacja „Chełmowa Góra" / „Chełmowa Góra" population; CS – populacja „Ciasne Skałki" / „Ciasne Skałki" population



Ryc. 12. Zmiany współczynnika skupiskowości osobników języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* na stałych powierzchniach badawczych w kolejnych latach

Fig. 12. Changes in the coefficient of aggregation of *Phyllitis scolopendrium* in the permanent sample plots in consecutive years of the study

ChG – populacja „Chełmowa Góra" / „Chełmowa Góra" population; CS – populacja „Ciasne Skałki" / „Ciasne Skałki" population



Ryc. 13–14. Dynamika powierzchni zdobywanej i utraconej przez języcznik zwyczajny *Phyllitis scolopendrium* na stałych powierzchniach badawczych w okresie prowadzonych badań; A – procent powierzchni utraconej, B – procent powierzchni zdobytej, C – bilans końcowy w odniesieniu do stanu początkowego [%]

Fig. 13–14. Dynamics of the losses and gains of *Phyllitis scolopendrium* habitat area in the permanent sample plots in the study period; A – percent of the area lost, B – percent of the area gained, C – final result as related to the initial state [%]

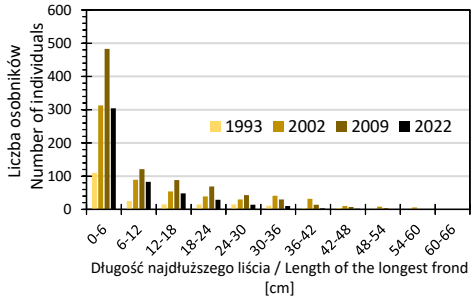
Zmiany powierzchniowe w badanych okresach przedstawiają ryciny 13–14. Wynika z nich, że zmiany te miały charakter asymetrycznych fluktuacji na obu powierzchniach, a trendy były na ogół podobne. Zasadnicza różnica ujawniła się w bilansie końcowym. W populacji na Chełmowej Górze nastąpił wyraźny przyrost powierzchni zajętej przez języcznika w stosunku do stanu początkowego (+19,5%), natomiast w populacji „Ciasne Skałki" nieznaczny spadek powierzchni (-3,1%).

Struktura wielkości osobników

Rozkłady wielkości języcznika mierzone długością najdłuższego liścia różniły się istotnie od teoretycznego rozkładu normalnego w każdym z badanych okresów (ryc. 15–16). Zakres zmienności długości liści był bardzo podobny w obu populacjach i wahał się od 0,2 do 62,5 cm w populacji „Chełmowa Góra" i od 0,2 do 61,5 cm w populacji „Ciasne Skałki". W badanych okresach na Chełmowej Górze rozkłady wielkości

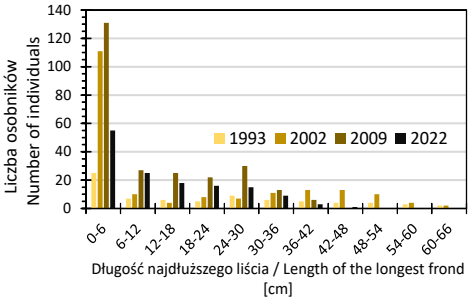
osobników mierzone długością liści były na ogół statystycznie istotne, tylko w latach 1993 i 2002 oraz 1993 i 2009 brak było istotnych różnic (odpowiednio $p_{93–02}$=0,4150 i $p_{02–22}$=0,174). Z kolei w populacji „Ciasne Skałki" nie wykazano istotnych statystycznie zmian, porównując rozkład z 2002 r. z rozkładem z 2009 r. (p=0,4726) oraz z rozkładem z 2002 r. (p=0,0782).

W obu populacjach języczniki wykazały zróżnicowanie wielkości w zależności od stadium rozwojowego, w którym się znajdowały. Najmniejszą zmiennością wyróżniały się osobniki w stadium wczesnojuwenilnym (sporelings). Zakres ich wielkości wahał się, niezależnie od roku obserwacji, od 0,2 cm do 1,6 cm. W populacji na Chełmowej Górze osobniki języcznika w tym stadium osiągnęły większe rozmiary i wyróżniały się lepszą kondycją niż osobniki w Wąwozie Ciasne Skałki. W kolejnym stadium rozwoju, tzw. młodocianym, do którego zalicza się osobniki starsze niż jeden rok i osobniki, które nie wytwarzają jeszcze zarodników, zakres wielkości był znacznie szerszy i wahał się od 0,5 do 29,5 cm. Okres tego stadium jest wyjątkowo długi i ściśle powiązany z mikrosiedliskiem, którego żyzność może wpływać na szybkość dojrzewania. Zagadnienie to będzie przedmiotem oddzielnego opracowania. Największe maksymalne rozmiary w tym stadium osobniki osiągnęły w 1993 roku (29,5 cm) w populacji na Chełmowej Górze, a najmniejsze w 1993 roku w populacji „Ciasne Skałki" (12,9 cm). Największe zróżnicowanie wykazały języczniki w stadium pełnej dojrzałości (zarodnikujące). Zakres ich zmienności mieścił się w przedziale 4,3–62,5 cm w populacji „Chełmowa Góra" i w przedziale 11,5–61,5 cm w populacji „Ciasne Skałki". Wartości skrajne wystąpiły w obu populacjach w tych samych latach; maksymalne w 2002 roku a minimalne w 2009 roku. Osobniki senilne, których było najmniej w obu populacjach, również wykazały dużą zmienność wielkości. Długość ich najdłuższych liści wahała się w zakresie 1,2–46,0 cm na Chełmowej Górze i 0,8–43,5 cm w Wąwozie Ciasne Skałki. Wartości średnie osobników w tym stadium wahały się od 13,5 cm w 2022 r. do 26,5 cm w 2002 r. w populacji „Chełmowa Góra" i od 17,0 w 2022 r. do 29,8 cm w 2002 r. w populacji „Ciasne Skałki". Skrajne wartości zanotowano w obu populacjach w tych samych latach badań.



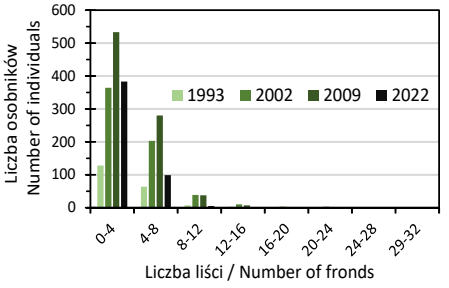
Ryc. 15. Zmiany wielkości języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium*, mierzone długością najdłuższego liścia, w kolejnych okresach zbioru danych w populacji „Chełmowa Góra"

Fig. 15. Changes in the size of the *Phyllitis scolopendrium* by the length of the longest frond in the Chełmowa Góra population measured at successive time intervals



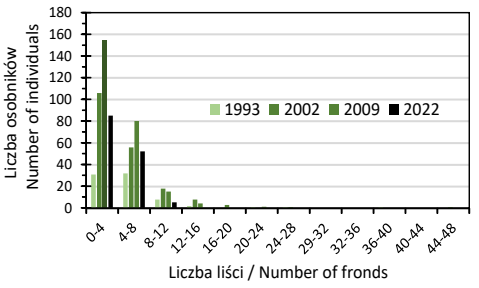
Ryc. 16. Zmiany wielkości języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium*, mierzone długością najdłuższego liścia osobnika, w kolejnych okresach zbioru danych w populacji „Ciasne Skałki"

Fig. 16. Changes in the size of the *Phyllitis scolopendrium* by the length of the longest frond in the Ciasne Skałki population measured at successive time intervals



Ryc. 17. Zmiany wielkości języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* w populacji „Chełmowa Góra", mierzone liczbą liści osobnika, w kolejnych okresach prowadzonych obserwacji

Fig. 17. Changes in the size of the *Phyllitis scolopendrium* by the number of fronds of the individual plant of the Chełmowa Góra population measured at successive time intervals



Ryc. 18. Zmiany wielkości języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* w populacji „Ciasne Skałki", mierzone liczbą liści osobnika, w kolejnych okresach prowadzonych obserwacji

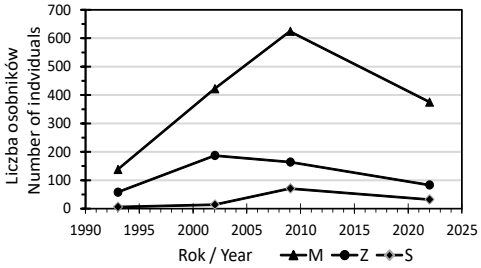
Fig. 18. Changes in the size of the *Phyllitis scolopendrium* by the number of fronds of the single plant of the Ciasne Skałki population measured at successive time intervals

Liczba liści jest cechą mniej zmienną niż ich długość. Analizując tę cechę osobników języcznika w obu populacjach w całym okresie badawczym zaznacza się wyraźna zależność – w miarę rozwoju osobnika następuje systematyczny wzrost wartości średniej liczby liści (ryc. 17–18). Najmniejszą liczbę liści wykazano u osobników wczesnojuwenilnych, gdzie średnia w poszczególnych latach wahała się od 1,5 (2002 r.) do 2,9 (1993 r.) w populacji „Chełmowa Góra" (ryc. 17) i od 1,2 (2002 r.) do 2,6 (1993 r.) w populacji „Ciasne Skałki" (ryc. 18). Nieco wyższe wartości wyróżniały osobniki w stadium młodocianym, w obu populacjach bardzo zbliżone, gdzie w populacji „Chełmowa Góra" zamienność tej cechy wahała się od 3,5 (2022 r.) do 4,0 (2009 r.) i w populacji „Ciasne Skałki" od 3,7 (2022 r.) do 4,1 (2009 r.). Największa liczba liści wyróżniała osobniki w pełni dojrzałe. W populacji „Chełmowa Góra" średnia liczba liści języcznika zmieniała się od 4,7 (2022) do 7,5 (2002 r.), a w populacji „Ciasne Skałki" od 6 (2022 r.) do 9,5 (2002 r.). Osobniki senilne wykazały redukcję liści, ich zakres zmienności wynosił od 4 (2022 r.) do 7,3 (2002) na Chełmowej Górze i od 2,5 (1993 r.) do 7,6 (2002 r.) w Wąwozie Ciasne Skałki.

Rozkłady liczby liści osobników języcznika w populacji „Chełmowa Góra" w kolejnych latach badań, na ogół nie różniły się istotnie, natomiast bliskie wartościom krytycznym, były między latami 2002–2009 ($p=0{,}032$). Podobnie w populacji „Ciasne Skałki", gdzie większość rozkładów z porównywanych lat nie różni się między sobą istotnie; istotne zmiany wykazano tylko przy porównaniu rozkładów pomiędzy latami 1993–2002 ($p=0{,}0023$) i 1993–2022 ($p=0{,}0042$).

Struktura stadialna

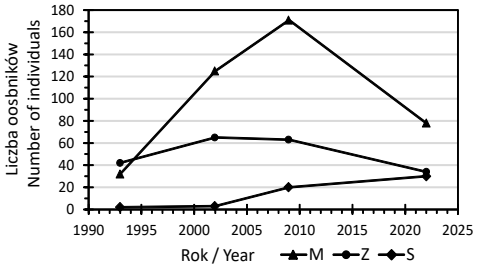
W obu badanych populacjach w porównywanych okresach, uwidoczniły się podobne trendy liczebności osobników reprezentujących różne stadia rozwojowe pomimo, że populacje różniły się znacznie między sobą liczebnością. Najwyższą dynamiką wyróżniało się najbardziej liczne stadium młodociane (wraz ze stadium wczesnojuwenilnym), które nadaje rzeczywisty kierunek demograficzny populacji. W początkowym okresie (1993–2002–2009) nastąpił gwałtowny przyrost liczebności, a następnie spadek (2009–2022), ale i tak w bilansie końcowym liczebność osobników młodocianych wzrosła o 172%



Ryc. 19. Zmiany liczby osobników języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* w wyróżnionych stadiach rozwojowych w populacji „Chełmowa Góra"

Fig. 19. Changes in the number of individuals of the *Phyllitis scolopendrium* at particular stages of development in the Chełmowa Góra population

Objaśnienia / Explanations: M – stadium młodociane / juvenile stage, Z – stadium pełnej dojrzałości (zarodnikujące) / mature stage, S – stadium senilne / senile stage



Ryc. 20. Zmiany liczby osobników języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* w wyróżnionych stadiach rozwojowych w populacji „Ciasne Skałki"

Fig. 20. Changes in the number of individuals of the *Phyllitis scolopendrium* at particular stages of development in the Ciasne Skałki population

Objaśnienia / Explanations: M – stadium młodociane / juvenile stage, Z – stadium pełnej dojrzałości (zarodnikujące) / mature stage, S – stadium senilne / senile stage

w populacji na Chełmowej Górze (ryc. 19) i o 144% w Wąwozie Ciasne Skałki (ryc. 20). Osobniki dojrzałe wykazały niewielkie fluktuacje, ale zmiany były zdecydowanie mniejsze, wskazując na pewną stabilność. Z kolei osobniki senilne, których było niewiele, nie odgrywały większego znaczenia; na Chełmowej Górze ich liczba wyraźnie się zmniejszyła, z 71 w 2009 roku do 32 w 2022 roku. Prawdopodobnie część z nich to były osobniki martwe, których nie zidentyfikowano po kłączu. Z kolei w populacji „Ciasne Skałki" liczba osobników senilnych w ostatnich kilkunastu latach zwiększyła się o 10 (z 20 do 30). Nie są to zmiany, które mogłyby zaburzyć dalszy rozwój populacji.

DYSKUSJA

Ojcowski Park Narodowy stanowi jedną z ważniejszych ostoi języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (Bodziarczyk & Malik, 2006; Bodziarczyk i in., 2006). Uwzględniając sumaryczną powierzchnię płatów oraz liczebność populacji w całym obszarze wyżynnym, w Parku znajduje się około 1/3 zasobów tego gatunku. Według badań Bodziarczyka (2012) na całej Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej sumaryczna powierzchnia płatów języcznika wynosi zaledwie 12 301 m^2 a liczebność 18 335 osobników, natomiast w granicach Parku gatunek ten liczy odpowiednio 5854 osobników, które łącznie zajmują powierzchnię 3713 m^2. OPN ustępuje jedynie obszarowi Doliny Wodącej, gdzie skupia się najwięcej stanowisk (Wika & Szczypek, 1985; Wika, 1989; Szczypek & Wika, 1991; Wika i in., 2000; Wika i in., 2005), co przekłada się także na powierzchnię i liczebność populacji (Bodziarczyk, 2012).

Jeszcze do niedawna, informacje na temat języcznika z obszaru Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, podobnie jak z innych regionów Polski, dotyczyły głównie opisu nowych stanowisk. Nieliczne opracowania poruszały aspekty demograficzne i odnosiły się tylko do zmian w określonym czasie (Wika i in., 2005). Brak wielokrotnych powtórzeń utrudniał określenie kierunku zmian i rzeczywistych trendów dynamicznych. Najdłuższe tego typu badania nad języcznikiem w Polsce prowadzone są od 37 lat w Pienińskim Parku Narodowym

i w Gorcach (Bodziarczyk, 1988, 1992, 1994, 2000, 2012), a tylko nieco krótsze w Ojcowskim Parku Narodowym (Bodziarczyk, 1999; Bodziarczyk & Malik, 2005; Bodziarczyk i in., 2005). Na świecie znane są ciągi obserwacji znad Wielkich Jezior w Ameryce Północnej, liczące ponad 100 lat (Cinquemani i in., 1988; Cinquemani-Kuehn & Leopold, 1992).

W Pienińskim Parku Narodowym, który stanowi największą wyspę zasobów języcznika w Polsce, zmiany zasięgu gatunku w ciągu 35 lat (1965–1999), wykazały ponad trzykrotny przyrost powierzchni i ponad trzykrotny przyrost liczby płatów (Bodziarczyk, 2004); brak natomiast z tego okresu danych demograficznych. Gatunek w tym okresie rozszerzył także lokalny zasięg, a zmiany polegały na powiększeniu istniejących płatów i wzroście zagęszczenia w ich obrębie, ale także na kolonizowaniu nowych stanowisk, w odległości nawet kilku kilometrów od zwartego zasięgu (Pancer-Koteja i in., 2004; Bodziarczyk & Krzus, 2006).

Z analizy trendów demograficznych w Pienińskim i w Ojcowskim Parku Narodowym w podobnym okresie (1993–2003) wynika, że są one bardzo zbieżne, a różnice zaznaczają się głównie w wartościach wskaźnika przyrostu zagęszczenia. Na podstawie badań w OPN można przypuszczać, że kierunek zmian w demografii języcznika w Pieninach jest podobny, co być może potwierdzą kolejne badania w najbliższym sezonie wegetacyjnym.

W kontekście prezentowanych badań warto zwrócić uwagę również na wyraźnie zaznaczające się podobne trendy w cechach obu badanych populacji, pomimo że znacznie różnią się one liczebnością. Populacja „Chełmowa Góra" w początkowym okresie badań liczyła trzykrotnie więcej osobników niż populacja „Ciasne Skałki". W kolejnych okresach badań zmiany w obu populacjach miały identyczny charakter – w pierwszych trzech okresach (1993–2002–2009) nastąpił wyraźny wzrost, a w ostatnim okresie (2009–2022) spadek liczebności osobników. Dane te odnoszą się także do frakcji osobników reprezentujących różne stadia rozwojowe. Bilans końcowy liczebności w obu populacjach jest korzystny i znacznie wyższy od stanu początkowego. Podobne trendy zgodności w obu populacjach odnoszą się do wskaźników przestrzennych (zatłoczenia i skupiskowości). Z kolei wzorzec rozmieszczenia osobników wykazał stabilność, zachowując skupiskowość. Brak istotnych zmian zaznacza się szczególnie w populacji „Ciasne Skałki", gdzie skala wzorca nie uległa zmianie w okresie 30 lat. Tego typy przypadki są rzadko wykazywane, zwłaszcza, że na wzorzec przestrzenny wpływają nie tylko cechy biologiczne, ale także czynniki środowiskowe. W przypadku języcznika istotny wpływ na rozmieszczenie osobników mają zaburzenia na stromych stokach (Bodziarczyk, 1992, 2012). W populacji „Chełmowa Góra" osobniki zachowały stabilność w małej skali przestrzennej (4 m^2), natomiast przy większej skali ujawniły się tendencje w kierunku równomierności.

W zasięgu wyżynnym języcznik funkcjonuje w systemie metapopulacji tworząc sieć prawdopodobnie powiązanych ze sobą małych izolowanych populacji i subpopulacji. Dzięki temu nawet najmniejsze skupiska, liczące kilka/kilkanaście osobników, mają szanse na przetrwanie, o ile nie zmienią się radykalnie warunki środowiskowe.

Większość wyżynnych stanowisk języcznika znajduje się w dużym rozproszeniu i poza obszarami chronionymi, niektóre z nich podlegają oddziaływaniu wielu czynników antropogenicznych (m.in. turystyka wspinaczkowa i gospodarka leśna). Część z nich znajduje się także na gruntach prywatnych, co nie pozostaje bez wpływu na ich aktualny stan zachowania i dalszy rozwój. Znane są nieprzemyślane i błędne działania polegające na odkrzaczaniu ścian skalnych dla celów wspinaczkowych czy krajobrazowych. Zabiegi takie często wykonywane są na wychodniach skalnych od strony północnej, które stanowią rzeczywiste lub potencjalne siedliska występowania języcznika.

Języcznik zwyczajny jest skiofitem, na gwałtowne odsłonięcie wyższych warstw roślinności (zwłaszcza drzew i krzewów) najczęściej reaguje osłabieniem kondycji i zmniejszeniem lub nawet całkowitym zanikiem odnawiania się w takich miejscach. Regeneracja, w zależności od intensywności i zasięgu negatywnego wpływu, może trwać nawet kilkanaście lat, co potwierdzają obserwacje autora z obszaru Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej.

Z wieloletnich badań wynika, że na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej języcznik zwyczajny mimo, że podlega niekiedy silnej antropopresji, zwłaszcza poza obszarami chronionymi, nie jest gatunkiem zagrożonym. Wykazuje silne przywiązanie do raz zdobytego mikrosiedliska, natomiast rzadko i bardzo wolno kolonizuje nowe miejsca. Fluktuacje demograficzne są dość typowe dla tego gatunku i ściśle powiązane z warunkami pogodowymi. W badanych populacjach wykazano, że dwa najważniejsze stadia rozwojowe – stadium młodociane i stadium pełnej dojrzałości – są aktualnie dobrze reprezentowane i zachowują właściwe proporcje ilościowe, zapewniając trwały i stabilny rozwój populacji.

PIŚMIENNICTWO

Ashenden, T.W., Bell, S.A. & Rafael, C.R. (1990). Effects of nitrogen dioxide pollution on the growth of three fern species. *Environmental Pollution*, 66, 301–308.

Bajon, C., Blaize, A. & Rejon, E. (1991). Sur la présence d'ARN dans le noyau condensé dugamète mâle de *Phyllitis scolopendrium* Newm. Bulletin de la Société Botanique de France. *Actualités Botaniques*, 138, 5–219.

Baran, J. & Bodziarczyk, J. (2019). Forest stands in *Phyllitido-Aceretum* community occurringon limestone rocks and shelves–comparison of their structure in strictly protected and managed forests. *Polish Journal of Ecology*, 67, 105–121.

Bennett, M.D. & Leitch, I.J. (2001). Nuclear DNA amounts in Pteridophytes. *Annals of Botany*, 87, 335–345.

Bodziarczyk, J. (1992). The structure of selected Hart's tongue, *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm., populations as related to ecological factors. *Ekologia Polska*, 40(3), 439–460.

Bodziarczyk, J. (1994). Zmiany liczebności i struktury populacji języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* w Pienińskim Parku Narodowym. *Przegląd Przyrodniczy*, V, 3/4, 201–217.

Bodziarczyk, J. (1999). Struktura i warunki występowania zespołu jaworzyny górskiej *Phyllitido-Aceretum* Moor 1952 w Polsce. Praca doktorska. AR w Krakowie, maszynopis.

Bodziarczyk, J. (2000). Population dynamics of hart's tongue *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm. in Pieniny National Park. Plant Population Biology, VI: 39–43, SEKOS, Bratislava–Nitra.

Bodziarczyk, J. (2001). Struktura drzewostanu zespołu jaworzyny górskiej z języcznikiem *Phyllitido-Aceretum* w Ojcowskim Parku Narodowym. W: J., Partyka (red.)*, Badania naukowe w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej* (s.156–159). Ojców

Bodziarczyk, J. (2002). Zróżnicowanie zespołu jaworzyny górskiej z języcznikiem *Phyllitido-Aceretum* w Polsce. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 9, 187–218.

Bodziarczyk, J. (2004). Jaworzyny Pienińskiego Parku Narodowego. *Studia Naturae*. 49, 61–86.

Bodziarczyk, J. (2012). Struktura i dynamika populacji języcznika zwyczajnego *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm. w Polsce. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie*, 490, rozprawy 367, 1–240.

Bodziarczyk, J. & Krzus, A. (2006). Relative age of *Phyllitis scolopendrium* phytocenoses as determined by population structure analysis. W: H., Piękoś-Mirkowa & E., Zenkteler (red.) *Conservation-related problems of pteridophytes in Poland. Botanical Guidebooks*, 29, 47–54.

Bodziarczyk, J. & Malik, R. (2006). Rozmieszczenie, warunki występowania i ocena liczebności populacji *Phyllitis scolopendrium* (Aspleniaceae) na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 13, 1, 155–170.

Bodziarczyk, J., Malik, R. & Michalczyk, A. (2006). Języcznik zwyczajny *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm. w Ojcowskim Parku Narodowym – rozmieszczenie, ocena liczebności, struktura i dynamika populacji. *Prądnik. Prace i Materiały Muzeum im. Prof. Władysława Szafera*, 16, 125–134.

Bremer, P. & Jongejans, E. (2010). Frost and forest stand effects on the population dynamics of *Asplenium scolopendrium*. *Population Ecology*, 52, 211–222.

Cinquemani-Kuehn, D.M. & Leopold, D.J. (1992). Long-term demography of *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm, var. *americana* fern in central New York. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 119, 1, 65–76.

Cinquemani-Kuehn, D.M. & Leopold, D.J. (1993). Habitat characteristics associated with *Phyllitis scolopendrium* in central New York (Aspleniaceae). *Torrey Botanical Club*, 120, 310–318.

Cinquemani, D.M., Faust, M.E. & Leopold, D.J. (1988). Periodic censuses (1916–1986) of *Phyllitis scolopendrium* var. *americana* in Central New York state. *American Fern-Journal*, 78, 37–43.

Collier, B.D., Cox, G.W., Johnson, A.W. & Miller, Ph.C. (1977). *Ekologia dynamiczna*. Warszawa: PWRiL.

Colling, G. (2005). Red list of the vascular plants of Luxembourg. *Ferrantia*, 42.

Colombo, P.M. & Rascio, N. (1983). Differentiation of the photosynthetic apparatus in *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm. *New Phytologist*, 93, 457–465.

Cwenar, A., Michalczuk, W. & Krawczyk, R. (2016). Red list of vascular plants of the Lublin Region. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska,* sectio C, 71, 1, 7–26.

Ellenberg, H. (2009). *Vegetation ecology of Central Europe*. Cambridge University Press, Cambridge.

Fernando, D.D., Discenza, J.J., Bouchard, J.R. & Leopold, D.J. (2015). Genetic analysis of the threatened American hart's-tongue fern (*Asplenium scolopendrium* var. *americanum* [Fernald] Kartesz and Gandhi): Insights into its mating system and implications for conservation. *Biochemical systematics and ecology*, 62, 25–35.

Greig-Smith, P. (1961). Data on pattern within plant communities. In: The analysis of pattern. *Journal of Ecology*, 49, 695–702.

Greig-Smith, P. (1979). Pattern in vegetation. *Journal of Ecology*, 67, 755–779.

Guntveit, S. (1999). New localities of *Asplenium scolopendrium* and *Asplenium marinum* in Øygarden and Fjell municipalities, Hordaland county, W. Norway. Blyttia. *Norsk Botanisk Forening*, 57, 2, 88–93.

Handreck, K.A. (1992). Growth of ferns in soil-less media, as affected by pH, iron and calcium/magnesium ratio. *Scientia Horticulturae*, 50, 115–126.

Hereźniak, J. (2002). Regionalna lista wymarłych i zagrożonych gatunków roślin naczyniowych północnej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Acta Universitatis Lodziensis. *Folia Biologica et Oecologica*, 1, 39–63.

Hertzka, G. & Strehlow, W. (2022). *Wielka apteka świętej Hildegardy*. Kraków: Wydawnictwo AA.

Holub, J. & Procházka, F. (2000). Red list of vascular plants of the Czech Republic. *Preslia*, 72, 187–230.

Jermy, A. C., Arnold, H.R., Farrell, L. & Perring, F.H. (1978). *Atlas of ferns of the British Isles*. Botanical Society of the British Isles and British Pteridological, London.
Kaźmierczakowa, R., Zarzycki, K. & Mirek, Z. (2014). *Polska Czerwona Księga Roślin*. Kraków: Instytut Ochrony Przyrody.
Kącki, Z., Dajdok, Z. & Szczęśniak, E. (2003). Czerwona lista roślin naczyniowych Dolnego Śląska. W: Z., Kącki (red.), *Zagrożone gatunki flory naczyniowej Dolnego Śląska* (s. 9–65). Wrocław: Instytut Biologii Roślin Uniwersytetu Wrocławskiego, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Przyrody „Pro Natura".
Kelsall, N., Hazard, C. & Leopold, D. (2004). Influence of climate factors on demographic changes in the New York populations of the federally-listed *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm. var. *americana*. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 131, 2, 161–168.
Kershaw, K.A. (1978). Ilościowa i dynamiczna ekologia roślin. Warszawa: PWN.
Maglocký, Š., Feráková, V. (1993). Red list of ferns and flowering plants (Pteridophyta and Spermatophyta) of the flora of Slovakia. *Biologia* (Bratislava), 48, 4, 361–385.
Mansfield, T.A. & Willmer, C.M. (1969). Stomatal responses to light and carbon dioxide in the Hart's-tongue fern, *Phyllitis scolopendrium* Newm. *New Phytologist*, 68, 63–66.
Matuszkiewicz, W. (2017). *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. Warszawa: PWN.
Medwecka-Kornaś, A. (1952). Zespoły leśne Jury Krakowskiej. *Ochrona Przyrody*, 20: 133–236.
Moor, M. (1952). Die Fagion-Gesellschaften im Schweizer Jura. *Beiträge zur geobotanischenLandesaufnahme der Schweiz*, 31, 1–201.
Muccifora, S., Woo, S.L. & Gori, P. (2000). Ultrastructural features of spermatocytes and spermatozoids in the fern *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm. subsp. *scolopendrium*. *Sexual Plant Reproduction*, 12, 323–331.
Myczkowski, S. (1976). *Człowiek–Przyroda–Cywilizacja*. Warszawa: PWN.
Naomi, N.A. & Ranker, T.A. (2008). Conservation biology. W: T.A., Ranker & C.H., Haufler (red.), *Biology and evolution of ferns and lycophytes* (s. 257–283). Cambridge University Press, New York.
Page, C.N. (1988). *Ferns: their habitats in the landscape of Britain and Ireland*. London–Glasgow.
Pangua, E., Lindsay, S. & Dyer, A. (1994). Spore germination and gametophyte development in three species of *Asplenium*. *Annals of Botany*, 73, 587–593.
Parusel, J.B. (2012). Czerwone listy wybranych grup grzybów i roślin województwa śląskiego. Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska. *Raporty i opinie. 6. Strategia ochrony przyrody województwa śląskiego do roku 2030. Raport o stanie przyrody województwa śląskiego*, tom 2, 1–178.
Pawłowska, S. (1949). Nasze paprocie. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 5, 11/12, 5–12.
R Core Team, (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from https://www.R-project.org/
Sætersdal, M., Birks, H.J. B. & Peglar, S.M. (1998). Predicting changes in Fennoscandian vascular-plant species richness as a result of future climatic change. *Journal of Biogeography*, 25, 111–122.
Sato, T. (1982). Phenology and wintering capacity of sporophytes and gametophytes of ferns native to Northern Japan. *Oecologia*, 55, 53–61.
Silvertown, J.W. (1983). The distribution of plants in limestone pavement: tests of species interaction and niche separation against null hypotheses. *Journal of Ecology*, 71, 819–828.

Testo, W. L. &Watkins, J. E. (2013). Understanding mechanisms of rarity in pteridophytes: Competition and climate change threaten the rare fern *Asplenium scolopendrium* var. *americanum* (Asplaniaceae). *American Journal of Botany* 100(11): 2261–2270.
Thompson, H.R. (1958). The statistical study of plant distribution patterns using a grid of quadrats. *Australian Journal of Botany*, 6, 322–342.
Vološčuk, I. (1996). Red data book. Lists of threatened plants and animals of the Carpathian national parks and reserves. Association of the Carpathian National Parks and Protected Areas. *Tatranská Lomnica*, 1–86.
Wika, S. (1989). Lasy liściaste środkowej części Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. II. *Fagion silvaticae* i *Calamagrostio-Quercetum petreae*. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, ser. B, 39: 37–86.
Wika, S. & Szczypek, T. (1985). Ważniejsze osobliwości przyrodnicze uroczyska Smoleń koło Pilicy. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 41, 4, 47–50.
Wika, S., Szczypek, T. & Barć, A. (2005). Stanowiska jaworzyny górskiej *Phyllitido-Aceretum* Moor 1952 na obszarze środkowej części Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej – dynamika przemian i stan ich zagrożenia. *Natura Silesiae Superioris*, 8, 55–69.
Wika, S., Szczypek, T. & Snytko, V.A. (2000). Krajobrazy Doliny Wodącej na Wyżynie Krakowsko-Wieluńskiej. *Prace Wydziału Nauk o Ziemi*, 4, 4–81.
Zenkteler, E. (2006). Cykl życiowy paproci w warunkach eksperymentalnych. *Wiadomości Botaniczne*, 50, 1/2, 5–20.

SUMMARY

Research on the hart's-tongue fern has been carried out for 30 years in two permanently marked plots located in strictly protected areas of Ojców National Park (fig. 1). These sites represent the two most abundant populations of hart's-tongue fern in the area. Fieldwork was carried out in the autumn of 1993, 2002, 2009 and 2023. The study focused on determining the total number of individuals within the sample plots, their developmental stages (figs 2–4), and their size and detailed distribution.

The results show an upward trend in the number of plants in both populations (figs 5–6). A remarkable increase was observed during the first study period (1993–2009), followed by a decrease in the last 14 years (2009–2023). The number of hart's-tongue fern individuals has increased in both populations over the last 30 years, by 143% in Chełmowa Góra and by 86% in Ciasne Skałki.

A clustered pattern in the spatial distribution of individuals was observed, although the scale of the pattern changed in subsequent study periods due to significant changes in the number of individuals (figs 7–10).

The juvenile and mature stages were the most numerous throughout the study period, which is a good prognosis for the further development and sustainability of the population (figs 19–20). However, in the population of Ciasne Skałki there was a clear increase in the number of senile individuals, whose share increased from 2.6% in 1993 to 21.1% in 2022. In the population of Chełmowa Góra, however, the number of senile plants followed a cyclical pattern, showing fluctuations and finally decreasing in the last period of the study. The size of the hart's-tongue fern, measured by the length of the longest leaf and the number of leaves, maintained a similar distribution throughout the study period (figs 15–18).

The assessment of age structure and population dynamics shows that both populations are not threatened, develop regularly, and tend to spread over larger areas (figs 13–14).