

Zmienność wewnątrzpopulacyjna roślin i zwierząt jako wskaźnik jakości ich środowisk

Variation inside the population of animals and plants
as an indicator of the quality of their environments

ANDRZEJ LEŚNIAK, ANDRZEJ CZECHOWICZ, DOROTA MARGULA,
MIROŚLAW MIŚKÓW, TOMASZ SYTA

Summary. Based on numerous field observations of *Dendrominus pini* L. caterpillars, a hypothesis had been formulated that in principle deterioration of living conditions causes an increase in intrapopulational variability of organisms.

The study aims at testing this hypothesis. Accordingly, measurements of the length of beetles *Geotrupes stercorosus* Sc., their ecological and geographical populations and heights of pine seedlings of *Pinus silvestris* L. had been performed in different forest site types of Poland.

The results obtained confirm the hypothesis presented. The authors call for continuation of similar studies as they can yield results useful for environmental monitoring, as well as for certain aspects of silviculture.

Słowa kluczowe: intrapopulational variability, *Geotrupes stercorosus* Sc, *Pinus silvestris* L.

Andrzej Czechowicz, Dorota Margula, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, obecnie Uniwersytet J. Kochanowskiego w Kielcach, Mirosław Miśków, Tomasz Syta, Prywatna Wyższa Szkoła Ochrony Środowiska w Radomiu.

WPROWADZENIE

W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego stulecia, podczas prac wykonywanych w ramach działań Stacji Osłony Naukowej IBL akcji chemicznego zwalczania barczatki sosnowki (*Dendrolimus pini* L.) wielokrotnie obserwowano znacznie większą zmienność barwy i wielkości gąsienic

D. pini na obrzeżach ognisk gradacyjnych niż w samych ogniskach. Obrzeża takie, w odróżnieniu od ognisk gradacyjnych, charakteryzowały się gorszymi warunkami bytowania dla danego szkodliwego, z punktu widzenia człowieka, owada. Obserwacje te stały się impulsem do sformułowania hipotezy o istnieniu nieopisywanej dotąd prawidłowości, a mianowicie: dobre warunki egzystencji dla danych organizmów powodują zmniejszenie efektów konkurencji wewnątrzpopulacyjnej i wyrównanie rozmiarów osobników w populacji, natomiast złe warunki potęgują jej zmienność. Może to być wywołane brakiem możliwości pełnego zaspokojenia potrzeb większości czy też części osobników populacji. Wydaje się, że rozumowanie takie nie jest pozbawione logiki. Jednak dla potwierdzenia dokonanych obserwacji konieczne jest przeprowadzenie odpowiednio ukierunkowanych badań. W tamtym czasie nie było możliwe ich wykonanie, ale zebrany został obszerny materiał, który pozwolił na opracowanie publikacji o różnych warunkach gradacji barczatki sosnowki (Leśniak, 1976).

Jednak sprawa uwarunkowań zmienności wewnątrzpopulacyjnej różnych organizmów była na tyle ważna, że zainteresowano tą tematyką czterech magistrantów. Byli to: A. Czechowicz i D. Margula z Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach (obecnie Uniwersytet im. Jana Kochanowskiego w Kielcach) oraz M. Miśków i T. Syta z Prywatnej Wyższej Szkoły Ochrony Środowiska w Radomiu. Synteza wyników tych prac zawarta jest w niniejszym opracowaniu.

MATERIAŁY I METODY

Przeprowadzone badania, w ramach czterech prac magisterskich wykonywanych pod kierunkiem A. Leśniaka, dotyczyły zmienności wewnątrzpopulacyjnej żuka leśnego (*Geotrupes stercorosus* Sc): prace Andrzeja Czechowicza (1993) i Doroty Marguli (1998), oraz zmienności wewnątrzpopulacyjnej juvenilnych form sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.): prace Mirosława Miśkowskiego (2011) i Tomasza Syty (2011) (Nazwa łacińska i polska zaczerpnięta z *Entomologii leśnej* A. Szujckiego (1995)). W *Entomologii systematycznej* K. Simma (1925) podana była nazwa *G. Sylvestris*, a K. Klimaszewski (2002), na podstawie rewizji Milander i in. (1997), używa nazwy *Anoplotrupes stercorosus*).

We wszystkich tych pracach stosowano te same metody obliczeń statystycznych: statystyczny współczynnik zmienności rozmiarów badanego materiału wyrażony procentem odchylenia standardowego średniej arytmetycznej oraz współczynnik korelacji (r) między wartościami współczynnika zmienności a średnią długością bądź liczebnością w odniesieniu do badanych chrząszczy.

W przypadku upraw sosnowych określono korelację (r) między średnią wysokością drzewek a współczynnikiem zmienności ich wysokości w danych wariantach i powtórzeniach.

W odniesieniu do badanych chrząszczy materiał zbierany był od czerwca do października, jest to bowiem okres największej ich aktywności. Przyjęto standardową metodę odłowów, czyli zastosowanie pułapek Barbera modyfikacji J. Szyszko (1983).

W każdym wariantcie zakładano cztery serie po 10 pułapek rozmieszczonych w linii prostej, w odległości co 3 metry. Długość złowionych chrząszczy mierzono od sklerytu czołowego do końca pokryw skrzydeł przy zastosowaniu binokularu zaopatrzonego w okular mikrometryczny.

W pracach mierzono także szerokość najszerszego miejsca ciała w przedpleczu. Ponieważ długość i szerokość chrząszczy była ściśle skorelowana, w dalszych analizach materiału poprzestano na analizie wyników pomiaru długości.

Pomiary wysokości młodych sosen dokonywane były łąką geodezyjną z dokładnością do 1 cm. Łąka przystawiona była prostopadle do powierzchni gruntu przy szyi korzeniowej drzewka, a odczytu dokonywano przy jego wierzchołku (na każdej powierzchni mierzono 4 razy po 30 drzewek).

W Nadleśnictwie Wieluń badania dotyczyły czterech siedliskowych typów lasu po 240 pomiarów, w Nadleśnictwie Radom – trzech siedliskowych typów lasu po 480 pomiarów.

Jak wynika z powyższych danych, pomierzono w sumie w Nadleśnictwie Wieluń 960 drzewek, a w Nadleśnictwie Radom – 1440 drzewek sosny.

Do badań nad zmiennością wewnątrzpopulacyjną *Geotrupes stercorosus* dysponowano w pracy A. Czechowicza 9571 osobnikami, z których do pomiarów losowo wybrano 1200 osobników z pięciu wariantów (buczyna, jedlina i trzy sośniny), w każdym po 4 powtórzenia. Materiały do tej pracy były w części zbierane przez jej autora, a w części udostępnione z badań Zakładu Zoologii WSP w Kielcach, opublikowanych w nr 4 *Fragmenta Faunistica* (Leśniak, 2001).

W przypadku pracy D. Marguli dysponowano 5793 osobnikami, z których do pomiarów losowo wybrano 1650 z pięciu obiektów (Puszcza Białowieska, Puszcza Biała, Roztoczański Park Narodowy, Bory Tucholskie, Nadleśnictwo Babimost – w każdym po 3 powtórzenia. Materiały do tych ostatnich badań udostępniła prof. R. Pisarska z Instytutu Zoologii PAN, za co w tym miejscu składamy serdeczne podziękowania.

WYNIKI

Wyniki prac przedstawiono poniżej w czterech syntetycznych tabelach, po których omówiono najistotniejsze osiągnięte rezultaty.

Na podstawie pracy magisterskiej A. Czechowicza pt. „Zmienność wewnątrzpopulacyjna *Geotrupes stercorosus* w sosnowych borach świeżych i w Rezerwacie Świnia Góra sporządzono tabelę 1.

Tabela 1. Liczebność osobników, średnia długość i współczynnik zmienności długości osobników *G. stercorosus* złowionych w Rezerwacie Świnia Góra i przyległych drzewostanach sosnowych.

Table 1. The number of individuals, the mean length and the coefficient of variation of length of *G. stercorosus* caught in the Świnia Góra Reserve and adjacent pine forest

Wariant <i>The type of forest</i>	Powierzchnia badawcza <i>Research plot</i>	N liczba złowionych osobników <i>The number of individuals</i>	X średnia długość <i>The mean length</i>	WSP wsp. zmienności długości osobników <i>Coefficient of variation of length of individuals</i>
1. Buk (L.mśw)/ <i>beech forest</i>	1	615	15,3	9,03
	2	846	15	8,65
	3	831	15,1	7,65
	4	1090	15,4	6,32
2. Jodła (Bmśw)/ <i>fir forest</i>	1	784	18,7	8,13
	2	709	19,1	8,81
	3	730	19,1	6,65
	4	675	19,2	6,35
3. Sosna I (Bmśw)/ <i>mesic mixed pine forest I</i>	1	373	15,3	12,42
	2	459	15,4	9,62
	3	324	15,2	8,2
	4	294	15,6	7,53
4. Sosna II (Bmśw)/ <i>mesic mixed pine forest II</i>	1	340	16,6	12,1
	2	392	16,1	8,88
	3	261	16,1	8,62
	4	490	16,5	9,26
5. Sosna III (Bśw)/ <i>mesic pine forest III</i>	1	81	14,6	11,53
	2	126	14,7	9,38
	3	87	14,9	11,14
	4	64	14,1	10,15

Osiągnięte rezultaty można podsumować następująco:

- największe liczebności *G. stercorosus* wykazano w wariantach: „buk” i „jodła”. Tam też łowione chrząszcze były większe – w borach sosnowych były wyraźnie gorsze warunki egzystencji dla badanego gatunku, co odzwierciedlało się zarówno niższą liczebnością, jak i mniejszymi rozmiarami;
- zebrany materiał pozwolił na określenie zależności pomiędzy liczebnością i przeciętnymi rozmiarami (długość) a współczynnikiem zmienności. Współczynniki korelacji (r) dla 20 par korelacyjnych wynosiły:
 - między liczebnością (N) a średnią długością (X) + 0,46 (p.i. 0,05) (Łomnicki, 1999);
 - między liczebnością (N) a współczynnikiem zmienności (wsp) – 0,64 (p.i. 0,01);
 - między średnią długością (X) a współczynnikami zmienności (wsp) – 0,43 (p.i. 0,05).

Wyniki te potwierdzają przyjętą tezę mówiącą o tym, że zmienność wewnątrzpopulacyjna jest zależna od warunków egzystencji w przypadku badanych populacji *Geotrupes stercorosus*. Liczebność jest skorelowana dodatnio ze średnią długością osobników – im większa liczebność, tym dłuższe osobniki *G. stercorosus*. Natomiast korelacja ujemna wskazuje, że im większa liczebność, tym mniejszy współczynnik zmienności i im większa długość, tym mniejszy współczynnik zmienności.

Na podstawie pracy magisterskiej D. Marguli pt. „*Scarabaeidae (Coleoptera)* sosnowych świeżych borów Polski” sporządzono tabelę 2.

Tabela 2. Liczebność, średnia długość i współczynnik zmienności długości osobników *Geotrupes stercorosus* złowionych w pięciu obiektach na obszarze Polski (w sosonowych borach świeżych)

Table 2. The number, mean length and coefficient of variation of length of *Geotrupes stercorosus* individuals caught in five forest sites in Poland (mesic pine forest)

Obiekt/ Object	P powierzchnia/ compartment	N liczba złowionych osobników/ the number of individuals	X średnia długość osob- ników/ the mean length	Wsp. zmienności długości os- obników/ the coefficient
P. Białowieża/ <i>Białowieża</i> forest	538	786	14,9	7,4
	667	653	15,3	7
	668	1691	15,3	7,8
P. Biała/ <i>Biała</i> forest	34	523	14,6	8
	38	568	14,6	7,5
	62	659	14,4	8,6
Roztoczański P.N./ <i>Roztoczański</i> National Reserve	198	94	13,9	9,7
	178	370	14,5	10
	38	64	14	9,1
Bory Tucholskie	306	48	14,9	8,4
	340	98	14,7	7,6
	346	109	14,4	7,6
N-ctwo Babi- most/ <i>Babi-</i> <i>most Forestry</i> district	105	61	14	7,6
	105A	37	14	10,8
	105B	32	14,7	8,7

Osiągnięte i przedstawione tu wyniki można podsumować następująco:

- najwyższe liczebności złowionych osobników *G. stercorosus* wykazano z obiektów: Puszcza Białowieża i Puszcza Biała, a najniższe z Nadleśnictwa Babimost (zachód Polski) i Borów Tucholskich. Niższe niż należało się spodziewać liczebności *G. stercorosus* z Roztoczańskiego Parku Narodowego spowodowane były pojawieniem się tam konkurencyjnego gatunku *G. vernalis*, a nie warunkami środowiskowymi.
- zebrany materiał pozwolił na określenie zależności pomiędzy liczebnością (N) i przeciętnymi długościami osobników (X) badanego chrząszcza a współczynnikami zmienności (wsp).

Współczynniki korelacji (r) dla 15 par korelacyjnych wyniosły:

między N a X + 0,66 (p.i. 0,01)

między N a wsp -0,44 (p.i. 0,05)

między X a wsp -0,53 (p.i. 0,05)

Wyniki te, podobnie jak i w poprzednich badaniach, potwierdzają przyjętą tezę – zmienność wewnątrzpopulacyjna długości osobników *G. stercorosus* zależna jest od warunków egzystencji. Lepsze warunki dają większe liczebności i większe długości oraz mniejszą zmienność wewnątrzpopulacyjną.

Trzeba tu jednak podkreślić, że w przypadku tych badań, przy dużych różnicach liczebności były bardziej wyrównane rozmiary badanych chrząszczy niż w pracy A. Czechowicza.

Na podstawie pracy magisterskiej Mirosława Miśkova pt. „Zmienność wewnątrzpopulacyjna juvenilnych form sosny zwyczajnej” opracowano tabelę 3.

Tabela 3. Średnie wysokości i współczynniki zmienności wysokości drzewek sosny w czterech typach siedliskowych lasu na obszarze Nadleśnictwa Wieluń

Table 3. The average height and coefficients of variation of pine trees in four types of forest types in Wieluń Forestry District

Typ siedliskowy lasu <i>The type of forest</i>	Pododdział <i>Compartment</i>	Powierzchnia badawcza/research plot	X średnia wysokość/ the average height	Wsp. zmienności/ the coefficient of variation
Bśw/mesic pine forest	132	a	238,1	13,7
		b	242,5	13,1
		c	258,4	9,5
		d	253,5	14,7
	226k	a	265,2	18,6
		b	266,0	16,1
		c	262,7	15,9
		d	272,3	13,4

<i>Bmśw/mesic mixed pine forest</i>	74d	a	267,5	15,0
		b	254,6	11,2
		c	262,6	10,4
		d	263,6	11,2
	76c	a	264,3	12,5
		b	259,2	9,9
		c	269,0	10,5
		d	264,2	12,1
<i>Bmw/moist mixed pine forest</i>	196d	a	254,9	7,6
		b	255,5	9,7
		c	255,4	8,6
		d	259,1	8,3
	76k	a	255,4	9,9
		b	256,8	9,4
		c	249,8	10,7
		d	250,7	8,5
<i>Bw/moist pine forest</i>	36c	a	254,5	18,2
		b	250,0	15,1
		c	266,5	13,6
		d	264,0	16,6
	187z	a	238,0	11,4
		b	236,9	18,5
		c	231,8	11,4
		d	234,1	13

W wyniku badań stwierdzono, że najniższej średniej wysokości drzewek sosny – 247 cm w borze wilgotnym (Bw) odpowiadał najwyższy współczynnik zmienności równy 14,6. Najwyższe sosenki były w borze mieszanym świeżym (Bmśw) – średnia arytmetyczna wynosiła 263 cm przy niskim współczynniku zmienności równym 11,6, co potwierdzałyby przyjęte założenia.

Natomiast w przypadku dwóch pozostałych wariantów wyniki są następujące: bór świeży (Bśw): średnia wysokość – 257 cm przy wysokim współczynniku zmienności równym 14,3, a w borze mieszanym wilgotnym (Bmw) przy podobnej wysokości – 255 cm, współczynnik był niski i wynosił tylko 9,1. Korelacja między średnimi wysokościami a współczynnikami zmienności dla 32 par korelacyjnych nie istniała ($r = 0,005$).

Na podstawie pracy magisterskiej Tomasza Syty (2011) wykonano tabelę 4.

W wyniku badań stwierdzono, że najniższej średniej wysokości drzewek – 137,6 cm, jaka wystąpiła w borze mieszanym wilgotnym (Bmw) odpowiadał najwyższy współczynnik zmienności (21,4). Najwyższe sosenki były w borze mieszanym świeżym (Bmśw) – 171,4 cm przy średnim współczynniku zmienności (18,2). Najniższy współczynnik zmienności – 12,5 stwierdzono w borze świeżym (Bśw) przy średniej przeciętnej wysokości – 156,8 cm. Wykazano też, podobnie jak w poprzedniej pracy, duże zróżnicowanie przeciętnych wysokości drzewek, jak i współczynników zmienności dla poszczególnych powierzchni badawczych.

Tabela 4. Średnie wysokości i współczynniki zmienności wysokości drzewek sosny w trzech typach siedliskowych lasu na obszarze Nadleśnictwa Radom

Table 4. The average height and coefficients of variation of pine trees in three forest site types in Radom Forestry District

Bśw pododdział 56c/ <i>mesic pine forest, compartment- 56c</i>			Bmśw pododdział 11a/ <i>mesic mixed pine forest, compartment- 11a</i>		Bmw pododdział 7d/ <i>moist mixed pine forest, compartment 7d</i>	
Re-search plot	X średnia wysokość/ <i>the average height</i>	wsp. zmienności/ <i>the coefficient of variation</i>	X średnia wysokość/ <i>the average height</i>	Wsp. zmienności/ <i>the coefficient of variation</i>	X średnia wysokość/ <i>the average height</i>	Wsp. zmienności/ <i>the coefficient of variation</i>
1	162,2	11,0	160,3	21,9	122,1	22,3
2	156,9	9,2	182,4	17,3	104,0	27,6
3	152,0	12,4	172,7	22,0	134,0	24,9
4	151,8	18,2	165,8	20,0	128,9	22,0
5	155,9	10,4	170,3	25,3	130,8	24,0
6	155,1	12,7	167,3	17,1	116,7	28,2
7	156,1	8,0	174,1	18,4	129,1	25,1
8	158,1	11,6	176,1	14,2	128,2	22,8
9	164,9	12,4	164,8	19,7	147,4	15,2
10	149,1	10,1	173,2	17,0	149,2	20,3
11	155,6	15,3	178,9	18,6	153,8	17,9
12	157,1	13,3	169,4	15,7	156,5	15,0
13	161,4	13,1	174,0	14,6	147,1	19,8
14	160,0	12,9	173,5	17,4	152,6	19,6
15	163,0	11,6	170,3	19,7	148,2	18,3
16	150,3	17,4	170,4	12,7	152,5	18,6

Korelacja pomiędzy średnimi wysokościami sadzonek sosny a współczynnikami zmienności dla 48 badanych par korelacyjnych była bardzo istotna i wynosiła -0,50.

DYSKUSJA

Rozdział „Dyskusja” najczęściej zawiera konfrontację własnych wyników autora lub autorów z rezultatami osiągniętymi przez innych specjalistów, zamieszczonymi bądź w oryginalnych opracowaniach, bądź w podręcznikach. W związku z powyższym wszczęto poszukiwania, w dostępnych licznych podręcznikach ekologii, danych dotyczących zmienności wewnątrzpopulacyjnej zwierząt i roślin. Niestety przyniosły one nader mizerne rezultaty. O ww. zmienności brak było udokumentowanych informacji zarówno w starszych, np. E.P. Odum (1982), B. Stugren (1976), P. Trojan (1975), jak i nowszych, np. Krebs (1996,) red. J. Strzałko, T. Mossor-Pietraszewska (1999), S. Wiąckowski (1999), J. Weiner (1999), H. Zimny (2002), podręcznikach ekologii ogólnej. Poszukiwanych informacji nie znaleziono również w podręcznikach ekologii dotyczących konkretnych środowisk, np. pól, lasów, wód śródlądowych (np. Z. Obmiński (1977), A. Stańczykowska (1990), red. K. Tarwid (1988), W. Tischler (1971), J. Prończuk (1982)), czy też grup zwierząt (A. Szujecki (1980), Jędrzejewscy (2001)). W obszernym pomnikowym dziele dotyczącym biologii sosny zwyczajnej (red. Białobok, Boratyński, Bugała, 1993) zmienność populacyjna opisana była tylko odnośnie morfologii szpilek, szyszek i nasion oraz reakcji na szkodliwe oddziaływanie przemysłu.

Poszukiwanych informacji o wpływie warunków środowiskowych na zmienność wewnątrzpopulacyjną wysokości juvenilnych form sosny zwyczajnej nie znaleziono również w podręczniku Ekologiczne podstawy hodowli lasu (Szymański, 1986).

Znacznie ciekawsze rezultaty przyniosła analiza podręczników z zakresu ekologii populacji.

W pierwszym polskim ekologicznym studium porównawczym zatytułowanym Populacje roślin i zwierząt (red. Andrzejewski, Falińska, 1986) znaleźć można stwierdzenie „reakcja populacji na warunki bytowania wyrażać się może zwiększeniem lub zmniejszeniem różnic między osobnikami pod względem pokroju i wielkości” i dalej „Znane są przykłady, że korzystne warunki bytowania powodują zwiększenie udziału osobników w klasach wysokich wartości, co znajduje wyraz w niewielkim zróżnicowaniu struktury wielkości osobników niecierpka – *Inpatiens noli-tangere*”. Roślina ta w korzystnych warunkach miała wysokość 80–100 cm, a w gorszych – 10–60 cm (Falińska, 1979). W najnowszym podręczniku pt. Ekologia roślin (Falińska, 1997)

jego autorka, doceniając wagę zagadnienia, poświęciła mu cały rozdział zatytułowany „Zróżnicowanie wielkości osobników jako mechanizm regulacji liczebności”. W rozdziale tym czytamy: „Wielkość osobników należy do cech bardzo plastycznych i jest uznaną miarą warunków bytowania populacji. Zróżnicowanie wielkości osobników w populacji wiąże się z heterogennością środowiska abiotycznego i biotycznego w jakim one się rozwijają.” Zależność ta, jak również wpływ zróżnicowania wielkości osobników na dynamikę populacji, jest przedmiotem szeregu opracowań (White, Harper, 1970; Harper, 1977; Begon, Mortimer, 1981). Autorzy ci wielką wagę przypisują zagęszczeniu populacji, a raczej jej przegęszczeniu.

K. Falińska (1997) przedstawia w swym podręczniku wykres – model reakcji populacji roślin na zagęszczenie, obejmujący cztery różne typy skutków tej reakcji. W podręczniku Ekologia populacji (Begon i in., 1999) znajduje się wykres określający zależność rozkładu biomasy roślin (*Linum usitatissimum*) od różnych gęstości wysiewu. Przy najmniejszym zagęszczeniu wykres miał rozkład normalny, przy najwyższym (niekorzystnym) był rozkład lewoskośny. Po wyliczeniu współczynników zmienności dla obu wykresów okazało się, że współczynnik ten dla wykresu lewoskośnego był dwa razy wyższy, co potwierdza przyjętą przez nas tezę.

Zagadnieniem wpływu zagęszczenia na zmienność populacyjną różnych cech roślin zajmował się również M.S. Czarnowski (1989). Autor ten, w odróżnieniu od wymienianych wcześniej autorów, skonkretyzował swoje wywody – odszedł od graficznego przedstawiania danych na rzecz statystycznego współczynnika zmienności, przy pomocy którego wykazał, że wraz ze wzrostem zagęszczenia (czyli pogorszeniem się warunków egzystencji dla badanych organizmów) wzrasta współczynnik zmienności. Autor ten cytuje tu przykłady dotyczące kłosów żyta i pierśnicy sosny (*Pinus radiata*). Kolejnym przykładem o odmiennym charakterze, ale też świadczącym o słuszności przyjętej tezy, są wyniki pracy H. Żybura (1997), który prowadził badania na bogatym materiale empirycznym pochodzącym z lasów naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego.

Praca była wykonywana na powierzchniach badawczych SGGW założonych przez prof. T. Włoczewskiego w 1936 r. W podsumowaniu swej pracy H. Żybura pisze „w drzewostanach naturalnych rosnących na siedliskach borowych średnia wartość pierśnicowego pola przekroju zawierała się w przedziale od 28,2 do 43 m²/ha. Znacznie mniejszą zmiennością charakteryzowały się drzewostany na siedliskach lasowych, w których te wartości wahały się od 36 do 41 m²/ha. Podobną zmienność zaobserwowano na siedliskach lasów wilgotnych od 36 do 38 m²/ha. Można to skomentować: wyższa żyzność siedlisk – lepsze warunki egzystencji – mniejsza zmienność.

Podane tu przykłady potwierdzają przyjęte w niniejszej pracy założenia o wpływie niekorzystnych warunków egzystencji na wzrost współczynnika zmienności badanych

parametrów organizmów żywych. Dotyczy to zwłaszcza przypadków skonkretyzowanych liczbowo.

Znane jest stare chińskie porzekadło, że jeden obrazek zastępuje tysiąc słów, ale można też powiedzieć: jeden współczynnik często może zastąpić z powodzeniem kilka wykresów. Dlatego między innymi preferowano wartości liczbowe współczynników nad trudne czasami do odczytania wykresy. Trudność prawidłowego, precyzyjnego odczytania wykresu spowodowana jest tym, że zarówno rozkład normalny jak lewo- czy prawoskośny mogą mieć mniejszą lub większą zmienność.

Jest rzeczą oczywistą, że „różnicowanie wielkości osobników jest uwarunkowane genetycznie i może być utrzymywane w populacji, a ponadto jest potęgowane przez czynniki środowiskowe” (Falińska, 1997). Ze stwierdzeniem tym zgadzają się chyba wszyscy ekolodzy, a nawet genetycy, np. T. Dobzhansky (1979) pisze: „Jakiegokolwiek by było uwarunkowanie genetyczne, nawet najsilniejsze, nie wyklucza działania warunków środowiska”.

E.P. Odum, klasyk ekologii nie tylko amerykańskiej, ale i światowej, pisze (cytuje za Czarnowski, 1989): *Biologia staje się ekologią wtedy, gdy obok pytania „jakiego rodzaju” stawia się pytanie „ile”*. To pytanie należy również postawić w odniesieniu do przyczyn zmienności wewnątrzpopulacyjnej organizmów żywych – na ile jest ona wynikiem uwarunkowań genetycznych, a na ile środowiskowych. Ogólne stwierdzenie na ten temat można znaleźć u J. Weinera (1999): „mamy więc zbiory zróżnicowanych genotypów i jeszcze bardziej zróżnicowanych fenotypów”. W przypadku sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*), która była przedmiotem przedstawionych tu badań, mamy ciekawy wynik w obszernej pracy J. Nowakowskiej (2003). Autorka ta stwierdziła, że jej badania nie wykazały powiązań między zróżnicowaniem genetycznym badanych populacji a fenotypowymi cechami (wysokość, pierśnica). J. Nowakowska pisze też, że na podstawie uzyskanych wyników analizy RAPD w trzydziestu drzewostanach sosny zwyczajnej w Polsce można stwierdzić, że zróżnicowanie genetyczne polskich pochodzeń sosny zwyczajnej w skali kraju wynosi $Gst = 0,215$. Współczynnik ten jest mniejszy od współczynnika zmienności wewnątrzpopulacyjnej $Ht = 0,262$, podobnie jak to zaobserwowano w innych krajach Europy.

W odniesieniu do drugiego przedmiotu badań – chrząszcza *G. Stercorosus*, nie napotkano dotychczas na żadne badania genetyczne. Jednak wydaje się godne zauważenia, że w przypadku badań populacji geograficznych (Margula, 1998) też stwierdzono mniejsze zróżnicowanie wielkości tych chrząszczy w różnych obiektach niż w przypadku populacji ekologicznej (Czechowicz, 1992) z jednego obiektu Świnia Góra.

Na marginesie tych rozważań można zaryzykować uogólnienie, mimo wielu niewiadomych i różnych odmienności, że warunki środowiskowe mocniej i częściej różnicują wielkości organizmów niż odmienności genetyczne (co nie znaczy, że

nie może być też sytuacji odwrotnych). Jednak w znanych badaniach proveniencyjnych głównych gatunków lasotwórczych na ogół nie było takich różnic wysokości, jakie podają tablice dendrometryczne dla skrajnych bonitacji siedlisk.

Badania zmienności wewnątrzpopulacyjnych chrząszcza *G. stercorosus* wykonane na dużym materiale zebrany w pięciu wariantach Nadleśnictwa Suchedniów (Czechowicz, 1992) oraz badania dotyczące pięciu obiektów: Puszcza Białowieska, Puszcza Biała, Roztoczański Park Narodowy, Bory Tucholskie, Nadleśnictwo Babimost (Margula, 1998) potwierdziły w pełni przyjętą tezę. Teza ta sformułowana była w następujący sposób: zmienność wewnątrzpopulacyjna długości osobników *G. stercorosus* zależna jest od warunków egzystencji. Lepsze warunki przynoszą większe liczebności i większe rozmiary ciała oraz mniejszą zmienność. Obliczone współczynniki korelacji pomiędzy wyżej wymienionymi wartościami były statystycznie istotne bądź bardzo istotne.

Badania wewnątrzpopulacyjnej zmienności juwenilnych form sosny zwyczajnej wykonane przez T. Sytę (2011) w Nadleśnictwie Radom i M. Miśkova (2011) w Nadleśnictwie Wieluń przyniosły szereg interesujących wyników. Porównując wyniki uzyskane przez tych autorów można stwierdzić następujące podobieństwa:

- Identyczny układ szybkości wzrostu sadzonek sosny w siedliskowych typach lasu, a mianowicie kolejno: bór mieszany świeży (Bmśw), bór świeży (Bśw), bór mieszany wilgotny (Bmw), bór wilgotny (Bw).
- W obu nadleśnictwach najniższej średniej wysokości sadzonek w borze mieszanym wilgotnym (Bmw) czy borze wilgotnym (Bw) odpowiadał najwyższy współczynnik zmienności populacji. Na tej podstawie można by zmodyfikować nieco hipotezę, a mianowicie, że to nie dobre warunki wzrostu związane są z niską zmiennością, ale złe warunki powodują większą zmienność wysokości sadzonek.
- W obu nadleśnictwach stwierdzono różne współczynniki zmienności wysokości sadzonek w oddziałach zaliczanych do tego samego typu siedliskowego lasu oraz silne zróżnicowanie wysokości sadzonek.

Były też istotne różnice wyników.

W Nadleśnictwie Radom średni współczynnik zmienności wysokości sadzonek sosny wynosił 17,4, a w Nadleśnictwie Wieluń – 13,1. Mogło to wynikać z wyższej antropopresji w Nadleśnictwie Radom niż w Nadleśnictwie Wieluń.

W Nadleśnictwie Radom stwierdzono statystycznie istotną ($r = -0,50$) korelację między średnimi wysokościami sadzonek a współczynnikami zmienności dla poszczególnych powierzchni. W Nadleśnictwie Wieluń tej korelacji nie było, co trudno jest wytłumaczyć, choć była tam mniejsza zmienność i dwa razy mniej pomierzonych w jednym typie siedliskowym lasu sadzonek sosny. Należy tu podkreślić, że badania

te nie dotyczyły wpływu zagęszczenia, bo we wszystkich wariantach była stosowana ta sama więźba.

Na zakończenie tego rozdziału można uważać za stosowne omówienie pokrótce wyników wieloletnich badań opublikowanych przez R. Wilkinsona i K. Pickett (2011). Autorzy Ci we wstępie do swojej niezwykle ciekawej, również dla ekologów, pracy piszą: „Intuicja chyba zawsze podpowiadała, że nierówność między ludźmi powoduje erozję społeczeństwa. Ale wydawało się, że nierówności istniejące w społeczeństwach krajów wysokorozwiniętych są zbyt małe, aby móc wywierać jakkolwiek mierzalny wpływ na kondycję tych społeczeństw. Prawda okazała się inna”. Na podstawie wyników swoich badań, a także badań wykonywanych przez różne uczelnie, Wilkinson i Pickett stwierdzili, że nierówności dochodów w 23 najbogatszych krajach świata (mierzone współczynnikiem Giniego i innymi metodami) powodują istotne zmiany w tak ważnych dla populacji parametrach zdrowotnych i socjologicznych, jak: długość życia, poziom zaburzeń psychicznych (alkoholizm, narkomania), zabójstwa, otyłość i szereg innych. Ostateczny wniosek tej obszernej pracy to: „tam gdzie panuje równość, wszystkim żyje się lepiej”.

Wybór najbogatszych krajów (Polska nie została do nich zaliczona) do przeprowadzenia tych analiz może budzić pewne kontrowersje. Jednakże można tu przytoczyć tezę Wiktorowa (1977), który przedstawił, cytowany potem szeroko, pogląd, że w zależności od zagęszczenia populacji owadów decydującą rolę odgrywają różne czynniki:

- przy najniższym poziomie zagęszczenia będą to entomofagi wielożerne;
- przy wyższym poziomie zagęszczenia – entomofagi wyspecjalizowane;
- następnie epizoocje;
- przy najwyższym poziomie – konkurencja wewnątrzgatunkowa.

Pięćdziesiąt lat temu Leśniak (1965) w artykule o teoriach dynamiki populacji pisał, że „Do przeszłości należy wiele teorii usiłujących wyjaśnić mechanizm wahań liczebności owadów wpływem jednego czynnika”.

Trudno posądzać Wilkinsona i Pickett o to, że nie uznają wpływu na badane parametry populacji ludzkich takich czynników, jak klimat czy pokarm, bo wybrali do badań konkretne państwa o podobnym klimacie i sposobie odżywiania się ludzi. Uczeń Ci, po prostu badali wpływ jednego wybranego czynnika i dowiedli, że ten wpływ istnieje.

T. Dobzhansky (1979) w swym znakomitym eseju *Różnorodność i równość* pisał, że różnorodność jest zjawiskiem biologicznym, a „równość między ludźmi nie jest zjawiskiem biologicznym, lecz zasadą etyczną”. Jest to oczywiście prawda, lecz Wilkinson i Pickett wykazali, że nadmierne nierówności dochodów powodują u ludzi niekorzystne konsekwencje biologiczne. Rozważania te mogą wydawać się nie całkiem związane z zasadniczym tematem pracy, bo żuki leśne, sosny i ludzie różnią się pięknie, co można

nader łatwo zauważyć, ale czyż nie należy poszukiwać prawidłowości wspólnych dla bardzo różnych organizmów żywych?

KONKLUZJA

W zasadzie wyniki przeprowadzonych badań i analiza danych literaturowych wykazały słuszność przyjętej tezy, a mianowicie: wraz z pogarszaniem się warunków egzystencji wzrasta zmienność wewnątrzpopulacyjna, co potwierdzono obliczeniami statystycznymi. W jednym przypadku brak było jednak spodziewanej korelacji. Ten fakt zmusza do postawienia wniosku o kontynuację badań, w szczególności badań nad przyczynami wewnątrzpopulacyjnej zmienności fenotypowej naszego podstawowego gatunku lasotwórczego – sosny zwyczajnej jako gatunku o szerokiej plastyczności środowiskowej. Badania te mogłyby przynieść rezultaty przydatne dla monitoringu ekologicznego, a także dla niektórych aspektów hodowli lasu (np. zmiany obowiązującej obecnie więźby sadzonek sosny w borach wilgotnych).

LITERATURA

- Andrzejewski R., Falińska K.(red.), 1986. Populacje roślin i zwierząt. PWN Warszawa, pp. 442.
- Begon M., Mortimer M., 1981. Population ecology. Blackwell Scientific Publications, pp. 342.
- Begon M., Mortimer M. Thompson D.J., 1999. Ekologia populacji. PWN Warszawa, pp. 362
- Białobok S., Boratyński A. Bugała W. (red.), 1993. Biologia sosny zwyczajnej. Wyd. PAN, Wydawnictwo Sorus Poznań-Kórnik, pp. 624.
- Czarnowski M.S., 1989. Zarys ekologii roślin lądowych. PWN Warszawa, pp. 555.
- Czechowicz A., 1993. Zmienność wewnątrz populacyjna *Geotrupes stercorosus* w sosnowych borach świeżych i w rezerwacie Świnia Góra (praca magisterska wykonana w Zakładzie Zoologii WSP Kielce – promotor A. Leśniak), pp. 49.
- Dobzhansky T., 1979. Różnorodność i równość. PIW Warszawa, pp. 144.
- Falińska K., 1979. Modification of Plant Population in Forest Ecosystems and their Ecotones. Pol. Ecol. Stud. 5.1: 89-150.
- Falińska K., 1997. Ekologia roślin. PWN Warszawa, pp.453.
- Harper J.L., 1977. Population Biology of Plant. Academic Press London (cyt. za Falińska K. 1997).
- Jędrzejewscy B.W., 2001. Ekologia zwierząt drapieżnych Puszczy Białowieskiej. PWN Warszawa, pp. 461.

- Klimaszewski K., 2002. Zależność występowania żuka leśnego *Anoplotrupes stercorosus* od niektórych charakterystyk siedliskowo-drzewostanowych. Rozprawa doktorska SGGW Warszawa, pp.71.
- Krebs Ch. J., 1996. Ekologia. PWN Warszawa, pp. 735.
- Leśniak A., 1965. Niektóre współczesne teorie dynamiki populacji owadów i możliwości wykorzystania ich w ochronie lasu. Sylwan nr 5: 71-78.
- Leśniak A., 1976. Climatic and meteorological conditions of the pine moth (*Dendrolimus pini* L.) outbreaks. Ekologia Polska vol. XXIV, nr 4: 515-547.
- Leśniak A., 1976. Forest stand and site conditions of a pine moth (*Dendrolimus pini* L.) outbreaks. Ekologia Polska vol. XXIV, nr 4: 549-563.
- Leśniak A., 1976. Certain trophic and intrapopulation conditions of the pine moth (*Dendrolimus pini* L.) outbreaks. Ekologia Polska vol. XXIV, nr 4: 565-576.
- Leśniak A., 2001. Ground beetles (*Carabidae*, *Coleoptera*) of Świnia Góra Reserve in Świętokrzyskie Mountains. Fragm. Faun. 44: 41-57.
- Łomnicki A., 1999. Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. PWN Warszawa, pp. 263.
- Margula D., 1998. *Scarabaeidae* (*Coleoptera*) sosnowych borów świeżych Polski. Praca magisterska wykonana w Zakładzie Zoologii WSP Kielce. Promotor A. Leśniak, pp.52.
- Milander G., Nagirnoi V., Suda I., 1997. Revision of earth-boring dung Beetles from the genus *Geotrupes* Latr (*Coleoptera*, *Scarabaeidae*) of Estonia. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol. 46,4: 246-256.
- Miśków M., 2011. Zmienność wewnątrzpopulacyjna juvenilnych form sosny pospolitej w czterech typach siedliskowych lasu. Praca magisterska wykonana w Katedrze Przyr. Podstaw Ochrony Środowiska PWSOŚ w Radomiu. Promotor A. Leśniak, pp. 36.
- Nowakowska J., 2003. Zróżnicowanie genetyczne wybranych populacji sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na podstawie analiz RAPD. Sylwan nr 11: 26-37.
- Obmiński Z., 1977. Ekologia lasu. PWN Warszawa, pp. 481.
- Odum E.P., 1982. Podstawy ekologii. PWRiL Warszawa, pp.661.
- Prończuk J., 1982. Podstawy ekologii rolniczej. PWN Warszawa, pp. 348.
- Simm K., 1925. Entomologia cz.II Przegląd systematyczny. Cieszyn, nakładem Księg. „Kresy”, pp.672.
- Strzałko J., Mossor-Pietraszewska T. (red.). 1999. Kompendium wiedzy o ekologii. PWN Warszawa – Poznań, pp.549.
- Staćzykowska A., 1990. Ekologia naszych wód. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa, pp.224.
- Stugren B., 1970. Zasady ekologii ogólnej. PWN Warszawa, pp.210.
- Syta T., 2011. Zmienność wewnątrz populacyjna juvenilnych form sosny zwyczajnej. Praca magisterska PWSOŚ Radom, promotor A. Leśniak, pp. 45.
- Szujewski A., 1980. Ekologia owadów leśnych. PWN Warszawa, pp. 603.

- Szujecki A., 1995. Entomologia leśna. Wyd. SGGW Warszawa T I, T II, pp.800.
- Szymański S., 1986. Ekologiczne podstawy hodowli lasu. PWRiL Warszawa, pp.461.
- Szysko J., 1983. State of *Carabidae* (Col.) fauna in fresh pine forest and tentative valorisation of this environment. Wyd. SGGW Warszawa, pp. 80.
- Tarwid K. (red.), 1988. Ekologia wód śródlądowych. PWN Warszawa, pp. 322.
- Tischler W., 1971. Agroekologia. PWRiL Warszawa, pp. 483.
- Trojan P., 1975. Ekologia ogólna. PWN Warszawa, pp. 419.
- Wejner J., 1999. Życie i ewolucja biosfery. PWN Warszawa, pp.591.
- Wiackowski S., 1999. Ekologia ogólna. Wyd. Branta Bydgoszcz, pp. 463.
- Wiktorow 1967. Problemy dynamiki czislennosti nasiekomych na primiere wriednoj cze-repazki. Izd. Nauka Moskwa, pp 238.
- Wilkinson R., Pichett K., 2011. Duch równości. Wyd. Czarna Owca Warszawa, pp. 306.
- Zimny H., 2002. Ekologia ogólna. Agencja Wyd. Grzegorzczuk Warszawa, pp. 217.
- Żybura H., 1997. Pierśnicowe pole przekroju drzewostanów naturalnych w Białowieskim Parku Narodowym. Sylwan, nr 12, 23-32.

