

STRESZCZENIE

Dyspersja jest słusznie postrzegana jako główna siła napędowa procesów ewolucyjnych w lokalnych populacjach. Niemniej jednak zdolności do dyspersji należy również postrzegać jako cechę historii życiowej, podlegającą zmianom ewolucyjnym w odpowiedzi na różne czynniki. Klasycznie sformułowana teoria metapopulacji zakłada, że wzorce dyspersji są stałymi cechami charakterystycznymi dla gatunku. Dopiero niedawno przeprowadzono szereg badań empirycznych, które dokumentowały wewnątrzgatunkową zmienność dyspersji w odpowiedzi na różne czynniki. Niemniej jednak badania te zwykle pomijały, że takie czynniki mogą w różny sposób wpływać na zachowania dyspersyjne samców i samic.

W ramach niniejszej rozprawy staram się wypełnić istniejącą lukę w wiedzy, dokumentując różnice międzypłciowe w dyspersji motyli i analizując, w jaki sposób są one wywoływane przez czynniki proksymatywne i ultymatywne (rozdziały 1, 2, 3, 4 i 5).

W rozdziale 1 rozważam dynamikę i ekologię przemieszczania się motyli w obrębie siedlisk bytowania i pomiędzy nimi, omawiając ich zmienność oraz czynniki wpływające na przemieszczenia lokalne i długodystansowe. Ponadto przedstawiam stan wiedzy w zakresie badań metapopulacyjnych oraz główne cele rozprawy.

Moje trzy badania (rozdziały 2, 3 i 4) opierały się na danych zebranych w terenie przy użyciu metody znakowania–odłowów–ponownych odłowów, prowadzonych codziennie w każdym płacie siedliska i obejmujących cały okres występowania osobników dorosłych i godziny aktywności badanych motyli. Dane zebrane w terenie zostały następnie zanalizowane przy użyciu dwóch głównych modeli: Virtual Migration oraz multi-state recapture, które stanowią dobrze ugruntowane standardy analizy dyspersji. Spośród wszystkich parametrów szacowanych przez wymienione modele szczególną uwagę zwrócono na tempo emigracji. Ten parametr był szczególnie użyteczny do wykrywania potencjalnych różnic międzypłciowych w

skłonności do dyspersji, a następnie powiązania takich różnic z czynnikami środowiskowymi (takich jak np. zagęszczenie populacji czy dostępność zasobów).

Opisane w rozdziale 2 badania nad metapopulacją wyspecjalizowanego motyla *Maculinea teleius* wykazały, że tempo emigracji samców było znacznie wyższe we wczesnej części sezonu, zwłaszcza w mniejszych płatach siedliska. Wraz ze wzrostem proporcji samic w populacji w ciągu sezonu, samce niechętnie podejmowały emigrację ze swoich płatów. Z kolei większa emigracja samic w dalszej części sezonu była najsilniej związana z dążeniem samic do ograniczania konkurencji wewnątrzgatunkowej doświadczanej przez ich potomstwo.

Wyniki naszych analiz parametrów dyspersji opisanych w rozdziale 3, przeprowadzonych dla metapopulacji dwupokoleniowego motyla *Lycaena helle* wykazały, że samice z pokolenia letniego emigrowały ze swoich pierwotnych płatów siedlisk znacznie częściej niż w przypadku pokolenia wiosennego, podczas gdy u samców wykryto odwrotną tendencję. Wyniki te oferują nową perspektywę dla naszego zrozumienia zalet wielopokoleniowości (wołtynizmu) w funkcjonowaniu metapopulacji.

W badaniu opisanym w rozdziale 4 zbadano specyficzne dla płci wzorce prawdopodobieństwa przemieszczenia się między poszczególnymi płatami siedlisk w dwóch sympatrycznych metapopulacjach *M. nausithous* i *M. teleius* w krajobrazie charakteryzującym się występowaniem wzgórz i dolin. W szczególności porównaliśmy prawdopodobieństwa przemieszczenia się dla par płatów oddzielonych lub nie barierami topograficznymi, analizując również dopasowanie kerneli dyspersji wykorzystujących dystanse euklidesowe (= w linii prostej) lub dystanse oparte na topografii (= wzdłuż doliny). Wyniki pokazały, że dystanse euklidesowe okazały się znacznie silniejszym predyktorem prawdopodobieństwa przemieszczenia się między płatami u samców, podczas gdy dystanse pomiędzy płatami mierzone wzdłuż dolin były znacznie lepszym predyktorem w przypadku samic, co wskazuje, że samice mają tendencję do podążania głównie wzdłuż dolin podczas dyspersji. Ponadto u

samic występowały istotnie niższe prawdopodobieństwa przemieszczania się w poprzek wzgórz, a u samców nie.

Nasze odkrycia dostarczają dowodów na wpływ strategii rozrodczych obu płci na ich dyspersję. Różnice w strategiach rozrodczych samców i samic wyjaśniają zmienne wzorce dyspersji obu płci w różnych częściach sezonu (rozdział 2) i w różnych pokoleniach tego samego gatunku (rozdział 3), a także różnice międzypłciowe w skłonności do przemieszczania w poprzek wzgórz (rozdział 4), co niesie ważne konsekwencje dla funkcjonowania metapopulacji.

Ogólne omówienie moich odkryć, w tym ich implikacje dla ochrony gatunków, przedstawiam w rozdziale 5.

SUMMARY

Dispersal is well recognised as a major driver of evolutionary processes in local populations. Nevertheless, dispersal abilities should also be perceived as a life history trait, being subject to evolutionary changes in response to various drivers. The classic formulation of the metapopulation theory assumes dispersal characteristics to be fixed traits. Only recently there have been a number of empirical studies which documented changes in dispersal traits in response to various drivers. Nevertheless, these studies tended to disregard how these factors may differently influence male and female dispersal behaviour.

In general, the intersexual differences in response to various extrinsic factors appears to be a major gap in the current knowledge on dispersal drivers. Due to different optimal mating strategies of both sexes, strong differences between male and female dispersal may be expected, in particular in relation to conspecific density which shapes intraspecific competition and mating chances.

Within the present dissertation I intend to fill in the existing knowledge gap by documenting intersexual differences in butterfly dispersal, and analysing how they are driven by proximate as well as ultimate factors (**Chapters 1, 2, 3, 4, and 5**).

In **Chapter 1**, I consider the dynamics and ecology of butterfly movements within and outside habitats, discussing their variability and factors affecting local as well as large-scale movements. In addition, the state of the art in metapopulation studies and main goals of dissertation, are presented.

My three studies (**Chapters 2, 3, and 4**) were based on data collected in the field using the mark-release-recapture method, performed on a daily basis in each habitat-patch of the system, covering the entire flying-period and the timeframe of activity of the studied butterflies. The data collected in the field were then analysed using two main models: the Virtual Migration

model and the multi-state recapture model, both representing well-established standards for analysing dispersal. Among all the parameters estimated by the models, a particular attention was given to emigration propensity. This parameter was particularly useful to detect possible inter-sexual differences in the propensity to disperse and, subsequently, relate such differences with environmental predictors (e.g., conspecific density and resource availability).

Studies described in **Chapter 2**, on a metapopulation of the specialist butterfly *Maculinea teleius*, revealed that emigration rate in males was substantially higher in the early season, especially at smaller habitat patches. With the proportion of females increasing with the season progression, males became reluctant to emigrate from their natal patches. In turn, higher female emigration in the later part of the season was most strongly associated with female tendency to reduce intraspecific competition experienced by their offspring.

The outcome of our analyses of dispersal parameters described in **Chapter 3**, conducted on a metapopulation of the bivoltine butterfly *Lycaena helle*, showed that females of the summer generation emigrated from their natal patches considerably more often than those of the spring generation, whereas an opposite trend was detected in males. These findings offer a novel perspective for our understanding of the advantages of voltinism for metapopulation functioning.

In the study described in **Chapter 4**, the sex-specific patterns in inter-patch movement probabilities of two sympatric metapopulations of *M. nausithous* and *M. teleius* within a landscape characterised by an alternation of hills and valleys were investigated. In particular, we compared movement probabilities for the pairs of patches separated or not by topographic barriers, also analysing the fit of dispersal kernels based on Euclidean (= straight line) vs. topography-based (= through valley) distances. The results showed that Euclidean distances between patches proved to be a substantially stronger predictor of inter-patch movement probabilities in males, while inter-patch distances measured along valleys performed much

better for females, indicating that the latter tend to predominantly follow valleys when dispersing. In addition, there were significantly lower probabilities of movements across hills in females, but not in males.

Our findings provide evidence for the impact of reproductive strategies on dispersal in both sexes. The difference in reproductive strategies of males and females explain sex-biased dispersal in different parts of the season (**Chapter 2**) and in different generations of the same species (**Chapter 3**), as well as inter-sexual differences in the propensity to cross hills (**Chapter 4**), which carries important implications for metapopulation functioning.


General discussion of my findings is presented in **Chapter 5**, including conservation implications.

Signed by /
Podpisano przez:



Elisa Plazio

Date / Data:
2021-06-16
13:39



Digitally signed by Piotr Waclaw
Nowicki

DN: c=PL,

serialNumber=PNOPL-71080101150,

cn=Piotr Waclaw Nowicki,

givenName=Piotr Waclaw, sn=Nowicki

Date: 2021.06.16 14:20:31 +02'00'