

STRESZCZENIE

Strategie historii życiowych u organizmów ze złożonym cyklem życia, np. u owadów, są kształtowane poprzez zróżnicowany stres fizjologiczny oraz czynniki środowiskowe. Jednak przyczyny kształtowania tak wielu strategii nadal są słabo poznane. W mojej rozprawie badałem w jaki sposób bezpośrednie i pośrednie interakcje antagonistyczne w połączeniu z innymi stresorami ekologicznymi, takimi jak skrócona długość sezonu wegetacyjnego oraz wzrost temperatury, kształtują strategie wzrostu i rozwoju poprzez odpowiedzi fizjologiczne u dwóch gatunków ważek różniących się cechami historii życiowych. Aby to osiągnąć przeprowadziłem cztery różne badania:

W publikacji 1 testowałem, czy niekonsumpcyjne efekty drapieżnika (NED) w postaci sygnałów chemicznych uwalnianych przez drapieżnika wyższego rzędu, okonia *Perca fluviatilis*, doświadczane przez stadia młodociane, wpływają na cechy historii życiowej *imagines* ważki *Ischnura elegans*. W tym celu użyłem krzyżowego układu eksperymentalnego, w którym stadium jaja i/lub stadium larwy były wystawione na działanie sygnałów drapieżnika. By wykluczyć wpływ bezpośrednich, tj. kanibalizmu, larwy były hodowane indywidualnie.

Sygnały drapieżnika doświadczone jedynie podczas fazy jaja zwiększyły śmiertelność larw, lecz tylko do dwóch tygodni po wykluciu. Natomiast wystawienie larw na NED zmniejszyło ich przeżywalność do wylotu, zaś osobniki, które przeżyły i wyleciały, zrobiły to z opóźnieniem. Ostatecznie NED działający na ważki znajdujące się w fazie jaja wpłynął negatywnie na tempo wzrostu larw, a efekt powiększał się, jeśli ekspozycja była kontynuowana w fazie larwalnej. Wyniki pokazują, że niekonsumpcyjne efekty drapieżnika doświadczone tylko podczas wczesnych faz rozwoju, włącznie z krótkim stadium jaja, u potencjalnej ofiary może negatywnie wpływać na cechy historii życiowych i kondycję *imagines*.

W publikacji 2 badałem wpływ fenologii klucia i ograniczenia związanego z krótkim sezonem wzrostu na wewnątrzgatunkowe interakcje kanibalistycznej ważki *Lestes sponsa*, a także w jaki sposób opisane czynniki wpływają na cechy historii życiowych oraz fizjologii w czasie wylotu. Różne terminy klucia często prowadzą do tzw. efektów pierwszeństwa, wywołanych różnicami w rozmiarach konkurujących organizmów, z przewagą dla wcześniej klujących się osobników (EPWR). Postawiłem hipotezę, że EPWR wywołane różnicami w datach klucia będą wzmocnione dodatkowym czynnikiem – krótkim sezonem wzrostu, co uwidacznia się na wyższych szerokościach geograficznych. Przeprowadziłem krzyżowy układ eksperymentalny, w którym *L. sponsa* pochodzące z dwóch różnych szerokości geograficznych, północnej i centralnej, hodowane były w rodzimych lub obcych temperaturach i fotoperiodach (dalej termo-fotoperiodach). Celem było sprawdzenie, poprzez manipulacje dat klucia w celu wzmocnienia EPWR, czy osobniki wcześniej

klujące się będą miały przewagę nad później klującymi się w cechach historii życiowych (przeżywalność, czas rozwoju, masa przy wylocie oraz tempo wzrostu) i fizjologii, związanych z kondycją (funkcja odpornościowa mierzona aktywnością fenoloksydazy, zawartość tłuszczu i białka przy wylocie).

Zgodnie z EPWR, wcześniej klujące się osobniki wykazały najwyższą przeżywalność. Jednak różne termo-fotoperiody oraz pochodzenie geograficzne populacji nie miały wpływu na tę cechę. Podobnie EPWR stwierdziłem w masie przy wylocie (wyższa masa u larw wczesnych niż u późnych), lecz tylko u *L. sponsa* z centralnej szerokości geograficznej, które były hodowane w rodzimym termo-fotoperiodzie (= słabe ograniczenia czasowe). Inne cechy historii życiowych i fizjologii nie przejawiały EPWR, a ich ekspresję można było tłumaczyć głównie reakcjami na ograniczenia czasowe. Na przykład larwy hodowane w północnym termo-fotoperiodzie (= silne ograniczenia czasowe) plastycznie skracały czas rozwoju do wylotu. Silne ograniczenia czasowe spowodowały spadek odporności, co ujawniło koszt przyspieszonego rozwoju obniżoną funkcją odporności w sytuacji ograniczenia czasowego. Wyniki sugerują, że EPWR są słabo uwarunkowane długością sezonu wzrostu a istotność efektu pierwszeństwa zależy od mierzonych cech.

Celem **publikacji 3** było sprawdzenie, czy różne fenologie klucia wzmacniają EPWR, w połączeniu z różnymi temperaturami wzrostu oraz obecnością bądź brakiem NED, pochodzących od okonia wpływają na historię życiową i fizjologię u kanibalistycznych *Ischnura elegans*, pozyskanych z populacji w centrum zasięgu geograficznego.

Podobnie do *L. sponsa* (**publikacja 2**) grupowo hodowane wczesno i późno klujące się larwy wykazywały wyraźne EPWR we wskaźniku przeżywalności do wylotu oraz sukcesie wylotu, przy czym temperatura i NED nie wpłynęły na nasilenie efektu pierwszeństwa w tych cechach. Niemniej podwyższona temperatura wywoływała EPWR w zawartości białka w czasie wylotu. Podwyższony parametr tej cechy może mieć pozytywny wpływ na kondycję *imagines* i sukces rozrodu. Temperatura oraz NED kształtowały pozostałe cechy historii życiowych (długość rozwoju, masa i tempo wzrostu), lecz bez poparcia dla EPWR. Przykładowo, sygnał pochodzący od drapieżnika spowolnił tempo wzrostu larw oraz masę w czasie wylotu *imagines*, ale tylko w warunkach wysokiej temperatury. Wynik ten sugeruje, że podwyższona temperatura może nasilać stres u ofiary wywołany obecnością w środowisku drapieżnika, jednak nasilony stres nie wpłynie na wewnątrzgatunkowe interakcje w postaci EPWR. Co ciekawe, odporność wyrażona aktywnością fenoloksydazy i zawartością tłuszczu była stała we wszystkich grupach eksperymentalnych, co wskazuje na niezależną odpowiedź historii życiowych i fizjologii w badanej populacji. Powyższe wyniki potwierdzają, że interakcje antagonistyczne wzmocnione EPWR są ważnym czynnikiem kształującym przeżywalności w stadiach młodocianych oraz sukces wylotu i mogą przez to

faworyzować wczesne wyloty u merolimnicznych organizmów. Natomiast dodatkowe czynniki środowiskowe jak temperatura i NED jedynie słabo wpływają na wewnątrzgatunkowe EPWR.

W **publikacji 4**, zweryfikowałem, czy różne daty klucia, temperatury oraz odpowiednie zmiany w liczbie pokoleń na rok (woltynizm) wpływają na cechy historii życiowych i fizjologii w populacji *I. elegans*, pochodzącej z północnej granicy występowania gatunku. EPWR nie zostało tutaj wzmocnione; wczesne i późno klujące się larwy były hodowane oddzielnie, przez co wczesne i późne osobniki nie konkurowały o zasoby.

W przeciwieństwie do poprzednich wyników (**publikacja 2** i **publikacja 3**) wczesne i późne osobniki nie wykazywały różnic w przeżywalności, co mogło być wytłumaczone podobnym nasileniem kanibalizmu w obu grupach fenologicznych, spowodowanym zbyt małymi różnicami w rozmiarach larw w każdej z grup. Podwyższona temperatura również nie wpłynęła na przeżywalność. Jednak ocieplenie skróciło długość rozwoju do wylotu i zwiększyło woltynizm niezależnie od daty klucia. Wczesnie wyklute osobniki, hodowane w wysokiej temperaturze, wykazywały podwyższony wskaźnik odporności immunologicznej, co można tłumaczyć przesunięciem inwestycji zasobów z innych cech, np. tłuszczu. Wyniki pokazują znaczną plastyczność fenotypową historii życiowych i cech fizjologicznych na zmiany klimatu u organizmów wystawianych na ograniczenia czasowe oraz potwierdzają znaczenie zmian fenologicznych w ocieplającym się świecie na kształtowanie tych cech u owadów dwuśrodowiskowych o zmiennym woltynizmie.

Niniejsza praca podkreśla istotność interakcji antagonistycznych w kształtowaniu cech odpowiedzialnych za dostosowanie u kluczowych organizmów merolimnicznych o złożonych cyklach życiowych. Wyniki eksperymentów potwierdzają założenie, że stres u potencjalnej ofiary wywołany sygnałem pochodzącym od drapieżnika, który jest doświadczany jedynie w początkowych stadiach rozwoju uwidacznia się w stadium *imagines* i może ostatecznie mieć negatywny wpływ na sukces reprodukcyjny oraz płodność ofiary. Praca ta ponadto pokazuje, że zmienność dat klucia w obrębie populacji może wzmocnić efekty pierwszeństwa wywołane różnicami w rozmiarach konkurujących organizmów oraz że te efekty mogą mieć znaczny wpływ na cechy odpowiedzialne za dostosowanie, co z kolei może się przełożyć na dynamikę populacji. Inne czynniki środowiskowe, takie jak sezonowe ograniczenia czasowe i zmienność temperatur mogą dodatkowo zmieniać nasilenie efektów pierwszeństwa oraz ich konsekwencje na dobór cech. Dlatego wpływ interakcji antagonistycznych na cechy powiązane z dostosowaniem zależy w dużej mierze od kontekstu.